Pn 260

MÉMOIRES
DU
MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

NOUVELLE SÉRIE

Série C, Sciences de la Terre

TOME XII

FASCICULE 4

S. CAILLÈRE et Th. POBEGUIN

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE ET LA GENÈSE DES BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

PARIS

ÉDITIONS DU MUSÉUM

38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (Ve)

1965

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

1ère Ex 200

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Série C. Sciences de la Terre. Tome XII. Fasc. 4. — 1965.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE ET LA GENÈSE DES BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

par

Simonne CAILLÈRE et Thérèse POBEGUIN

INTRODUCTION

Le nom de bauxite (*) a été utilisé par A. Dufrénoy (1837) pour désigner des échantillons provenant des Baux, prés d'Arles et dans lesquels P. Berthier (1821) avait mis en évidence un hydroxyde d'aluminium. Plus tard, on s'aperçut qu'il s'agissait non d'un minéral, mais d'une roche constituée par une pâte ou ciment englobant de nombreux pisolites à structure zonée.

En 1930, J. de Lapparent a consacré un important mémoire aux bauxites de la France méridionale ; il a reconnu dans ces formations divers hydroxydes d'alumine : gibbsite, diaspore, boehmite et c'est à cette occasion qu'il a donné la première description de ce dernier minéral (1935). Depuis, de nombreux auteurs se sont intéressés aux divers problèmes géologiques posés par les bauxites françaises, en particulier E. Roch (1959) et A. F. de Lapparent.

Macroscopiquement, ces roches présentent des couleurs trés variées, les teintes les plus fréquentes sont des rouges plus ou moins foncés. Elles sont rarement homogènes et l'on y observe des zones plus claires, parfois d'un blanc pur. Les pisolites, de taille variable, même dans un échantillon donné, sont noyés dans une pâte fondamentale, elle-même inhomogène. En général, dans les concrétions, on distingue une série de zones concentriques ; souvent l'ensemble est entouré par une coque extrêmement mince qui l'isole du ciment et en masque la nature, une couche kaolinique blanche

(*) Primitivement beauxite ou alumine hydratée des Baux.

BIBL. DU MUSÉUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

recouvrant par exemple un pisolite rouge. La roche est à l'état micro ou cryptocristallin ; à l'œil nu ou à la loupe on ne distingue aucune forme.

Étant donné la complexité de la constitution minéralogique et structurale des bauxites, nous avous pensé qu'il serait intéressant de tenter une étude détaillée d'un certain nombre d'échantillons de France. Ces matériaux appartiennent pour la plupart à la collection du Muséum, d'autres nous ont été aimablement communiqués par M. l'abbé A. F. DE LAPPARENT et M. le Professeur B. GÈZE que nous tenons à remercier ici.

Les bauxites forment dans le midi de la France de vastes gisements qui peuvent être suivis sur une bande s'étendant du Var à l'Ariége. Elles reposent sur des sédiments calcaires ou dolomitiques d'aspect karstiques et pénétrent dans les cavités plus ou moins profondes des murs. Elles englobent parfois, à la base, des fragments de carbonate d'âge jurassique ou éocrétacé, urgonien le plus souvent. La formation est recouverte par un toit sableux ou calcaire, parfois riche en characées, qui appartient généralement au cénomanien, mais peut atteindre le crétacé supérieur, par exemple dans l'Hérault. Signalons cependant que, dans la partie occidentale, le toit plus ancien est considéré comme aptien.

Si la limite n'est pas toujours nettement tranchée entre le mur et la bauxite, elle peut ne pas l'être davantage entre la bauxite et le toit, dont les couches de base contiennent fréquemment des galets de bauxite. En effet, les calcaires du mur et du toit sont souvent teintés de rouge ou de rose, ce qui prouve qu'il y a eu migration des éléments de la bauxite vers les sédiments carbonatés.

Nous étudierons tout d'abord les bauxites du gisement originel des Baux dans les Bouches-du-Rhône, puis nous décrirons l'ensemble des gîtes du Var, de l'Hérault et de l'Ariége. Nous terminerons par l'examen des bauxites de St-Paul-de-Fenouillet, situé dans les Pyrénées-Orientales : ce gîte se distingue nettement de tous les autres et présente un intérêt minéralogique exceptionnel, à cause de la composition particulière de ses bauxites et du problème que soulève leur origine (fig. 1).

Avant d'examiner les méthodes employées, nous rappellerons brièvement comment les géologues ont expliqué le mécanisme de la formation des bauxites. Il est, en effet, tout á fait curieux de trouver des minerais rouges riches en aluminium et en fer qui reposent sur des sédiments carbonatés blancs et sont recouverts par des dépôts analogues presque entièrement dépourvus de ces deux métaux. Il faut donc admettre une rupture dans les conditions qui ont présidé aux dépôts carbonatés anciens et postérieurs. C'est pourquoi un certain nombre de géologues ont été amenés à supposer que la période de formation des bauxites correspondait à une émersion. Ceci permettait d'expliquer d'une part l'aspect karstique de la base et d'autre part la venue du fer et de l'alumine. Ces éléments proviendraient du démantèlement d'une chaîne montagneuse constituée par des roches éruptives acides probablement granodioritiques, comme l'une de nous a été conduite à l'imaginer pour expliquer l'accumulation du fer dans les minerais sédimentaires du bassin lorrain (S. CAILLÈRE et F. KRAUT, 1954) ; c'est l'hypothèse la plus généralement admise.

Source : MNHN, Paris

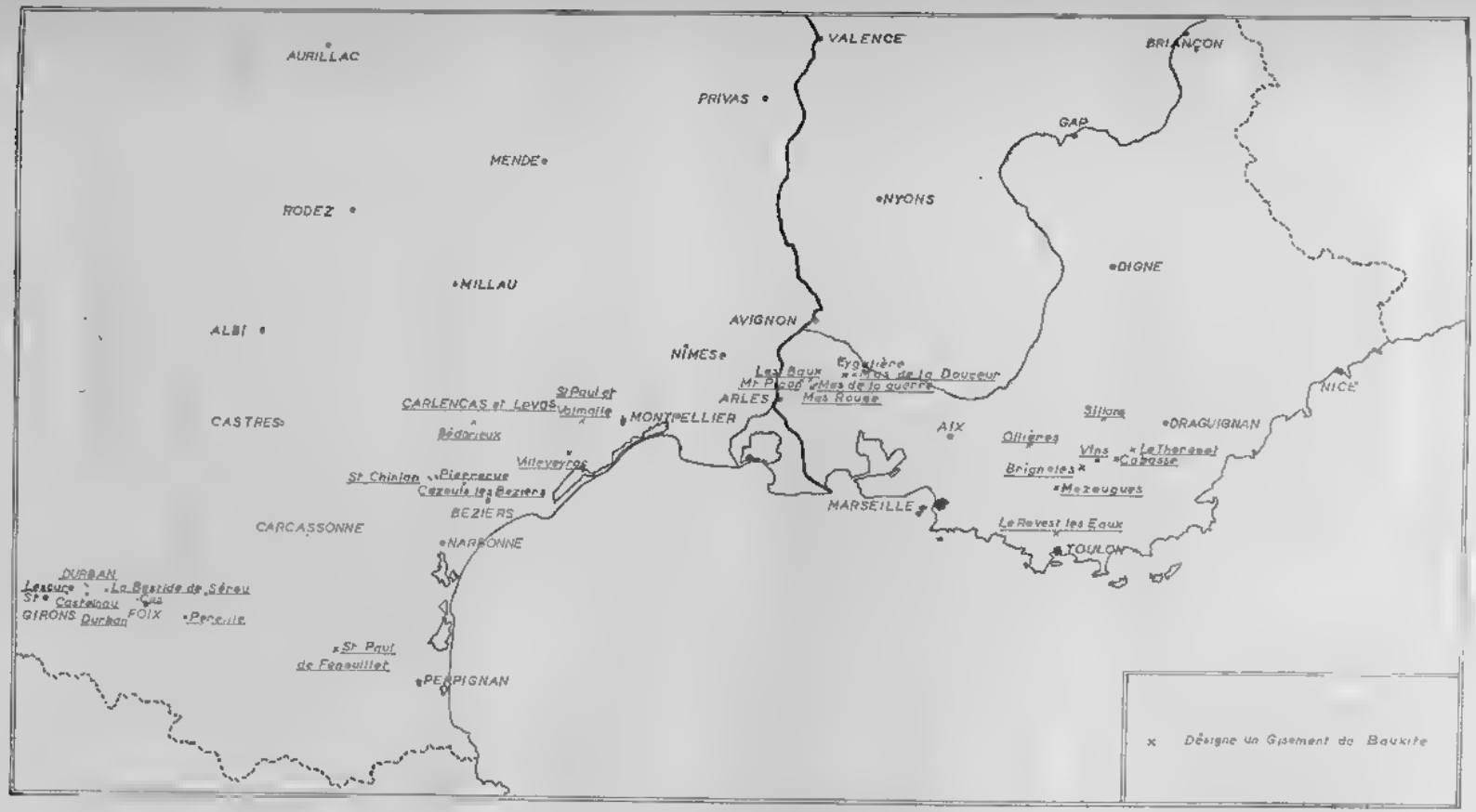


FIG. 1. — Carte des gisements.

Source : MNHN, Paris

D'autres ont fait appel à la destruction de masses considérables de sédiments carbonatés contenant de petites quantités de fer et d'alumine, ces éléments seraient à l'origine de la formation des bauxites.

Enfin la troisième hypothèse, émise par E. Roch (1959), fait intervenir des phénomènes éoliens pour apporter sur l'isthme Durancien les matériaux alumino-ferriques nécessaires á la constitution des bauxites.

Signalons que beaucoup de géologues pensent que les minerais d'aluminium se sont formés par un processus analogue à celui de la latéritisation ; ce mécanisme impliquerait que le minerai se trouve au-dessus de la roche dont il dérive, formation éruptive ou métamorphique ; ce n'est jamais le cas des bauxites de France qui reposent toujours sur des dépôts carbonatés.

Si l'origine des bauxites est extrêmement controversée, c'est probablement du fait que ce sont des matériaux dont la composition est encore assez mal définie. Ceci pour diverses raisons : finesse de leurs constituants, hétérogénéité minéralogique, complexité de leur structure. Les méthodes jusqu'alors utilisées, analyses chimiques et plus récemment examen microscopique, avaient permis de pénétrer un peu le mystére de leur constitition. Il nous a semblé que l'emploi des techniques mises en œuvre par la minéralogie moderne pourrait conduire à une meilleure détermination et à une localisation plus précise des constituants, et par là même á une reconstitution plus exacte de leur histoire.

Source : MNHN, Paris

I. — MÉTHODES D'ÉTUDE

Nous examinerons brièvement les différentes méthodes utilisées. Nous en rappellerons les principes et indiquerons comment chacune d'elles peut contribuer à l'identification des minéraux des bauxites.

1° EXAMEN AU MICROSCOPE POLARISANT

A) Lumière transmise

L'examen microscopique en lumière transmise ne permet l'identification précise des minéraux que très localement, lorsqu'ils sont purs et suffisamment développés pour qu'il soit possible d'effectuer des mesures optiques.

En général on observe une pâte cryptocristalline présentant des zones dont la biréfringence extrêmement faible a pu faire penser à la présence de substances amorphes. On distingue la texture pisolitique, parfois l'hétérogénéité du ciment, mais l'étude optique ne donne que des indications incomplètes sur la nature minéralogique de la roche.

B) Lumière réfléchie

L'examen en lumière réfléchie n'autorise avec certitude que l'identification des constituants opaques ; l'hématite a été ainsi reconnue.

***

L'insuffisance de l'examen optique nous a conduit à faire appel à toute une série de méthodes dont les résultats, se recoupant et se complétant, ont permis l'étude minéralogique détaillée des échantillons dont nous disposions.

2° ÉTUDE THERMIQUE

L'étude thermique comporte deux techniques : l'analyse thermique différentielle et l'étude thermopondérale.

A) Analyse thermique différentielle

Cette méthode consiste à chauffer dans des conditions identiques un échantillon et une substance témoin inerte, en général l'alumine. Toute

Source : MNHN, Paris

modification subie par l'échantillon au cours du chauffage donne lieu à une absorption ou à un dégagement de chaleur. Ces phénomènes se manifestent par des crochets endo ou exothermiques sur la courbe enregistrée en fonction de la température ; les accidents endothermiques traduisent un dégagement d'eau, ils sont caractéristiques et permettent, pour un type de courbe donné, d'identifier le minéral qui en est responsable. Notons que les phénomènes exothermiques n'ont pas la même spécificité ; ils dépendent du mode opératoire et de l'état de la substance. Les principaux constituants des bauxites appartiennent à deux groupes, les hydroxydes-oxydes et les silicates, dont les courbes sont assez spécifiques comme nous allons le voir.

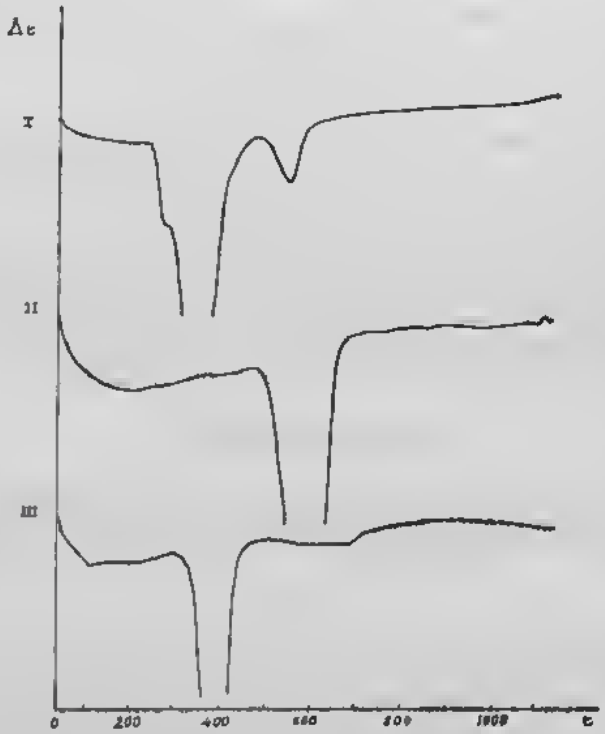


FIG. 2. — Courbes thermiques différentielles : I, Gibbsite, Mariana ; II, Diaspore de Chester, U.S.A., N° 67.131 ; III, Goethite, Alban-le-Fraysse, Tarn, N° 137.527.

a) Hydroxydes et oxydes d'aluminium et de fer

Les hydroxydes d'alumine se divisent en monohydrates : boehmite et diaspore, et trihydrate : gibbsite ou hydrargillite. Le diaspore (courbe II, fig. 2) donne une courbe thermique caractérisée par un seul accident qui débute vers 480°, température voisine de celle de la décomposition de la boehmite. Quant à la gibbsite, sa courbe thermique (courbe I, fig. 2) présente

Source : MNHN, Paris

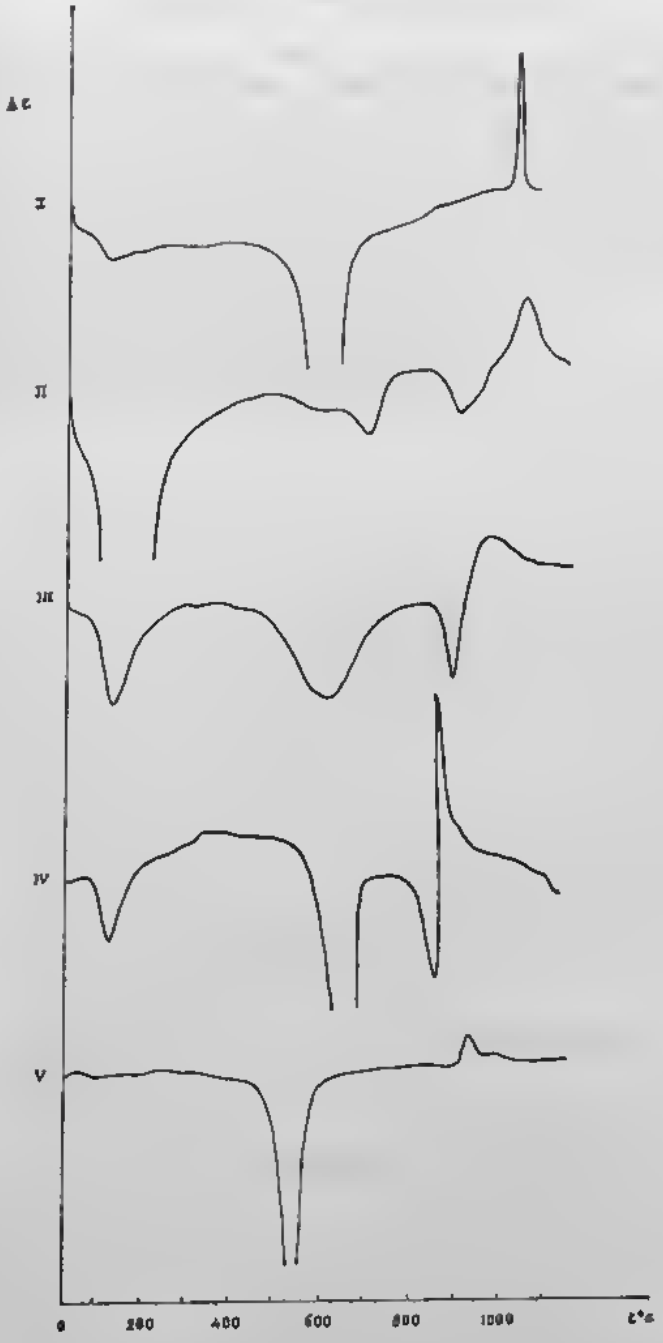


Fig. 3. — Courbes thermiques différentielles : I, Kaolinite, St-Aigulin ; II, Montmorillonite, I. Milos (Grèce) ; III, Pseudochlorite ; IV, Chlorite vraie (tritrioctaédrique) ; V, Chlorite de St-Paul-de-Fenouillet (didioctaédrique).

Source : MNHN, Paris

un très grand crochet débutant vers 300° montrant une inflexion sur sa branche descendante. Elle possède un autre crochet endothermique beaucoup plus faible vers 500° à rapporter à la boehmite formée au cours du chauffage (R. C. Mackenzie, 1957).

La courbe de la goethite (courbe III, fig. 2) s'apparente à celle du trihydrate d'alumine, mais ne possède qu'un crochet endothermique important vers 330°.

Quant à l'hématite, facilement identifiée par ses propriétés optiques et son diagramme de rayons X comme nous le verrons plus loin, elle ne subit aucune modification lors du chauffage : sa courbe thermique est une droite.

Remarquons que le corindon n'a pas été signalé jusqu'ici dans les bauxites françaises.

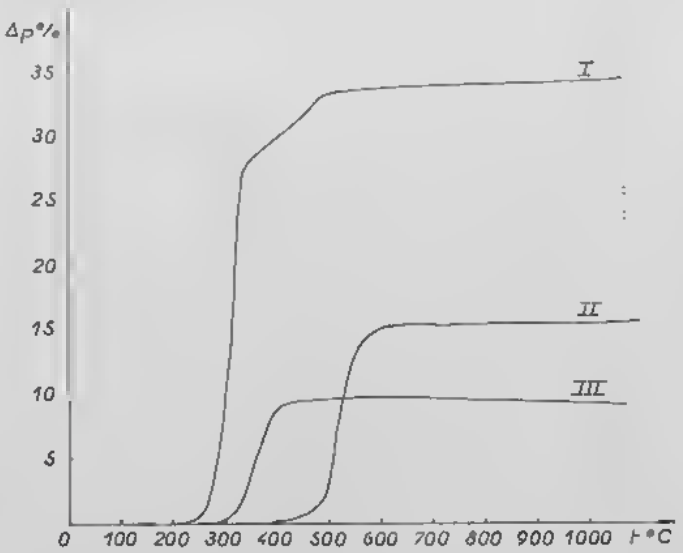


Fig. 4. — Courbes thermopondérales des hydroxydes : I, Gibbsite, Mariana ; II, Diaspore, Chester ; III, Gœthite d'Alban-le-Fraysse (Tarn).

b) Silicates phylliteux.

Le silicate le plus fréquent dans les bauxites, qu'elles soient blanches ou rouges, est la kaolinite (courbe I, fig. 3). Récemment, certains auteurs, dont G. W. Brindley, ont signalé la présence d'une phyllite à 14 Å ; il s'agirait d'une pseudochlorite (courbe III), minéral intermédiaire entre la montmorillonite (courbe II) et la chlorite vraie (courbe IV). Enfin les chlorites vraies n'avaient jamais été rencontrées dans ces formations : cependant, nous avons pu en découvrir quelques-unes, en particulier dans des échantillons provenant de la région de St-Paul-de-Fenouillet (courbe V). Il s'agit d'un minéral que nous étudierons plus en détail lors de la description de ce gisement.

Source : MNHN, Paris

B) Étude thermopondérale

Les courbes thermiques différentielles, très précieuses pour l'étude minéralogique qualitative, ne fournissent que des indications médiocres au point de vue quantitatif. Par contre, la variation du poids de l'échantillon en fonction de la température, enregistrée à l'aide de la thermobalance Chevenard, donne un diagramme grâce auquel on peut évaluer l'importance quantitative des différents constituants, en particulier de la gibbsite (courbe I, fig. 4). Signalons cependant les limites de la méthode qui ne permet pas de distinguer la boehmite du diaspore (courbe II, fig. 4) et la goethite (courbe III, fig. 4) de la lépidocrocite.

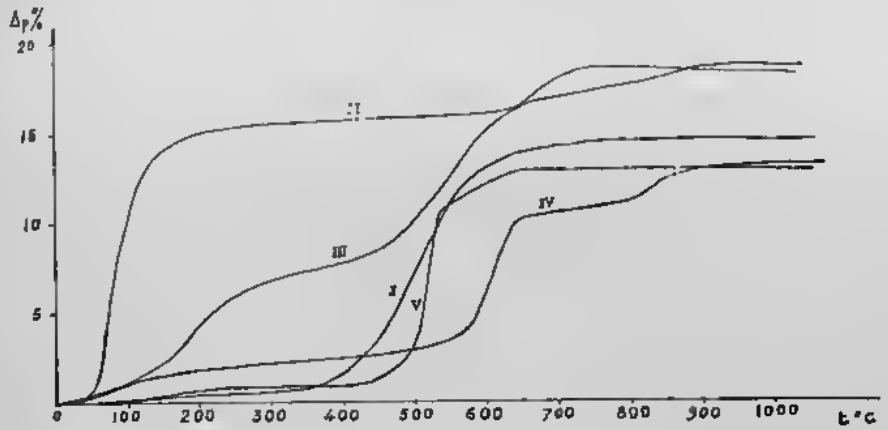


FIG. 5. — Courbes thermopondérales des silicates : I, Kaolinite, St-Aigulin ; II, Montmorillonite, île de Milos, Grèce ; III, Pseudochlorite ; IV, Chlorite clinochlore, Besafotra (Madagascar ; V, Chlorite de St-Paul-de-Fenouillet, Pyrénées-Orientales.

Par contre, les diagrammes des silicates sont tous caractéristiques. Celui de la kaolinite présente une très importante perte de poids (13 %) qui se situe vers 400° (courbe I, fig. 5). La montmorillonite permet d'enregistrer une perte de poids à basse température sensiblement de même importance (courbe II, fig. 5) et le dégagement de l'eau de constitution se produit seulement au-dessus de 600°.

La pseudochlorite subit une perte de poids totale identique à celle de la montmorillonite, mais le dégagement d'eau à basse température est beaucoup moins important (courbe III, fig. 5).

Enfin les chlorites vraies renferment peu d'eau hygroscopique, mais mettent en évidence un départ d'eau de constitution qui s'opère en deux étapes, le premier correspondant à la déshydratation du feuillet brucitique, le second à celui du feuillet mica (courbes IV, V, fig. 5).

Source : MNHN, Paris

3° EXAMEN A L'AIDE DES RAYONS X

La méthode la plus sûre pour déterminer un minéral bien cristallisé est sans conteste son diagramme de rayons X. C'est ainsi qu'il est possible de distinguer nettement l'hématite, les différents hydroxydes et les silicates, ces derniers caractérisés par une raie à 7 ou à 14 Å.

Nous avons opéré avec une chambre de diamètre 77,4 mm, le rayonnement du fer ou celui du cuivre suivant que les minéraux contiennent ou non du fer. Nous donnons dans la planche I (A et B) la position des raies essentielles de quelques minéraux de référence.

Cette méthode a, comme nous le verrons, des limites dans le cas des hydroxydes mixtes d'alumine et de fer, mais elle présente un gros avantage, car, nécessitant peu de substance, elle permet l'étude détaillée de toutes les parties de la roche.

4° ÉTUDE AUX RAYONS INFRAROUGES (1)

Lorsque des radiations infrarouges comprises dans la pratique entre 0,8 et 20 μ traversent un milieu quelconque, amorphe ou cristallisé, transparent ou opaque, coloré ou non, certaines de ces radiations éprouvent une absorption sélective caractéristique de la substance étudiée.

Les « bandes d'absorption », plus ou moins détaillées suivant la dispersion de l'appareil employé, sont généralement enregistrées mécaniquement. Nous avons utilisé deux appareils Perkin-Elmer 21 à double faisceau, l'un muni d'un prisme en fluorine permettant l'étude entre 1 et 6 μ étalonné en longueurs d'onde, l'autre muni d'un prisme en chlorure de sodium, permettant l'étude entre 5 et 15 μ (2 000 à 650 cm-1), étalonné en nombre d'ondes (valeur inverse de la longueur d'onde) ; suivant la région prospectée, les positions des bandes seront donc exprimées soit en μ, soit en cm-1. Nous avons également utilisé, pour l'étude de certaines chlorites, un spectrographe à prisme en bromure de césium, qui permet d'enregistrer les bandes d'absorption dans une zone allant de 15 à 30 μ.

Sur les graphiques, les abscisses correspondent aux longueurs d'onde ou aux nombres d'ondes et les ordonnées aux intensités des radiations plus ou moins absorbées par les substances étudiées. On observe donc directement sur le spectre la position et l'intensité des bandes d'absorption. Il suffit d'une parcelle de substance broyée très finement pour préparer la « cuve » formée de deux lames de sel, entre lesquelles on répartit régulièrement la poudre ; plus la cuve est homogène, c'est-à-dire plus les grains sont fins et de dimensions voisines, mieux les bandes apparaissent.

L'intérêt de cette méthode réside dans sa sensibilité, dans le fait que la cristallinité du produit n'entre pas en ligne de compte, qu'elle ne néces-

(1) Ce travail a été effectué au Laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne, département infrarouge, sous la direction de M. Jean LECOMTE, Membre de l'Institut, Directeur de Recherches au C.N.R.S.

Source : MNHN, Paris

site (comme la méthode précédente d'ailleurs) qu'un fragment infime de la substance, ce qui permet de prospecter tous les points intéressants d'un

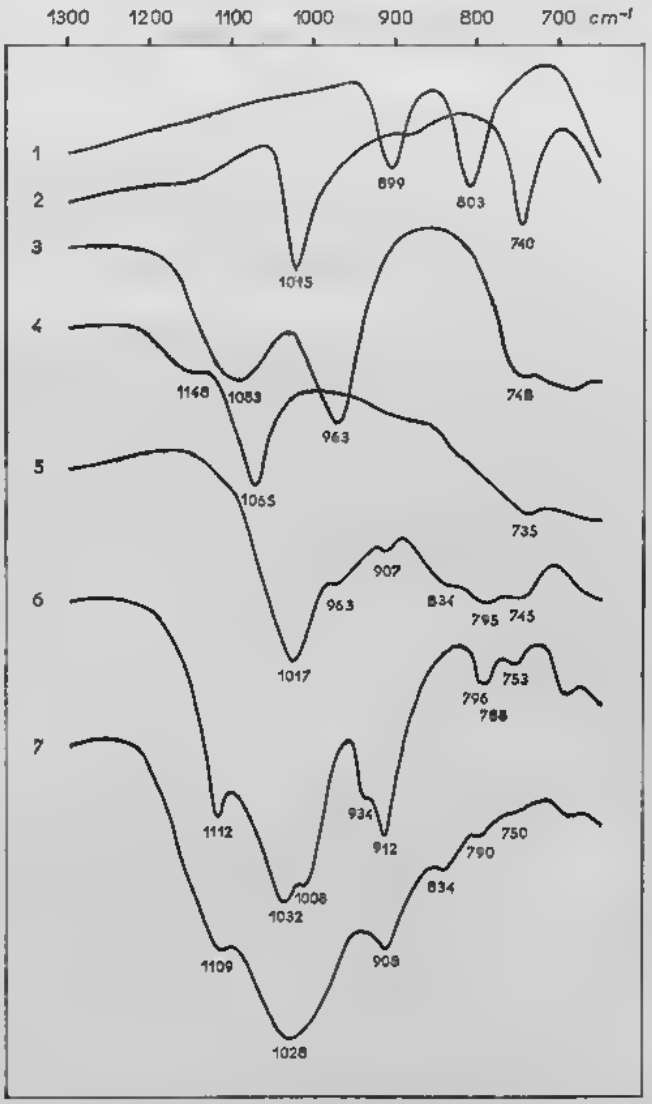


FIG. 6. — Spectres infrarouges des corps purs de référence : 1, Goethite ; 2, Lépidocrocite ; 3, Diaspore ; 4, Boehmite de synthèse ; 5, Gibbsite ; 6, Kaolinite ; 7, Montmorillonite.

échantillon. Par contre, dans la région étudiée, les oxydes métalliques (en particulier l'hématite et l'anatase) ne donnent aucune bande : seuls les diagrammes Debye et Scherrer permettent de les identifier. Il est à

Source : MNHN, Paris

signaler que pour une étude comparative de plusieurs corps il est nécessaire, non seulement d'enregistrer les spectres avec le même appareil et dans les mêmes conditions, mais encore sur le même graphique et avec des cuves d'épaisseurs sensiblement égales ; ainsi peut-on mettre en évidence les déplacements parfois faibles de certaines bandes.

5° ANALYSE CHIMIQUE

L'importance de l'analyse chimique est incontestable. Elle révèle les divers éléments et précise leur teneur. Elle permet donc la reconstitution de la composition minéralogique quantitative virtuelle d'un échantillon, à la condition que d'autres techniques aient conduit à la détermination de ses divers constituants.

Par contre, elle ne donne qu'une composition globale, car elle nécessite une prise d'essai relativement importante, groupant le plus souvent pâte et pisolites. Nous ne considérons dans cette étude que les constituants essentiels, les différentes techniques utilisées ne permettant pas d'identifier les minéraux présents en faibles quantités ou à l'état de traces.

Source : MNHN, Paris

II. — PROBLÈMES MINÉRALOGIQUES POSÉS PAR LES BAUXITES

L'étude des bauxites soulève deux problèmes, à la fois chimique et cristallographique. Il s'agit de définir la nature des constituants et l'état cristallin ou amorphe sous lequel on les trouve.

1° CONSTITUANTS ALUMINEUX CRISTALLISÉS

L'aluminium est présent essentiellement à l'état d'hydroxydes : gibbsite, boehmite ou diaspore, ou sous forme de silicates.

Si la présence des hydroxydes d'alumine ainsi que celle de la kaolinite a été signalée dès le début de l'étude des bauxites, par contre les phyllites à 14 Å ont été identifiées tout récemment ; il s'agit de pseudochlorites ou de chlorites vraies. Rappelons que les pseudochlorites sont des silicates phylliteux dont le feuillet présente une épaisseur de 14 Å comme celui d'une chlorite normale, mais possède une stabilité moindre. En effet, le minéral, immergé dans l'eau ou mieux dans l'eau glycérolée, montre un gonflement intrastructural, l'épaisseur du feuillet passant de 14 Å à 17 Å. De même, une chlorite résiste bien au chauffage ; après calcination à 650°, le diagramme de rayons X montre encore, nettement marquée, la raie à 14 Å ; avec une pseudochlorite, la structure disparaît complètement dès 300°.

Ce manque de stabilité est dû au fait que la pseudochlorite est constituée par un feuillet mica et un feuillet brucitique, l'ensemble étant lié par des forces de Van des Vaals, tandis qu'une chlorite normale est formée par les mêmes feuillets porteurs de charges égales et de signes contraires, ce qui assure une meilleure cohésion de l'ensemble.

En ce qui concerne les chlorites, nous avons mis en évidence l'existence d'une chlorite alumineuse d'un type spécial à deux feuillets didioctaédriques dans les « bauxites » de la région de St-Paul-de-Fenouillet (P.O.) ; nous en donnerons une étude détaillée p. 196.

2° CONSTITUANTS FERRIFÈRES CRISTALLINS

Dans les bauxites, l'aluminium est souvent associé à du fer. Un problème délicat est celui de la forme minéralogique des constituants ferrifères. Il était généralement admis que le métal existait, soit sous forme colloïdale, stilpnosidérite ou gels mixtes de Fe et Al, soit à l'état d'hydroxydes ; dans ce cas, on aurait dû trouver la goethite ou la lépidocrocite, seules ou associées.

Source : MNHN, Paris

En fait, aucune des techniques utilisées n'a permis de mettre en évidence ni les gels, ni ces deux hydroxydes.

Par contre, les rayons X ont montré la présence, dans un certain nombre de cas, de l'oxyde anhydre : l'hématite. Mais la quantité d'hématite identifiée ne permet pas d'expliquer la teneur en fer parfois très élevée révélée par l'analyse chimique : jusqu'à 47 % de Fe^2O^3 dans une bauxite rouge dense de Bédarieux (Hérault). La totalité du fer ne se trouve donc ni à

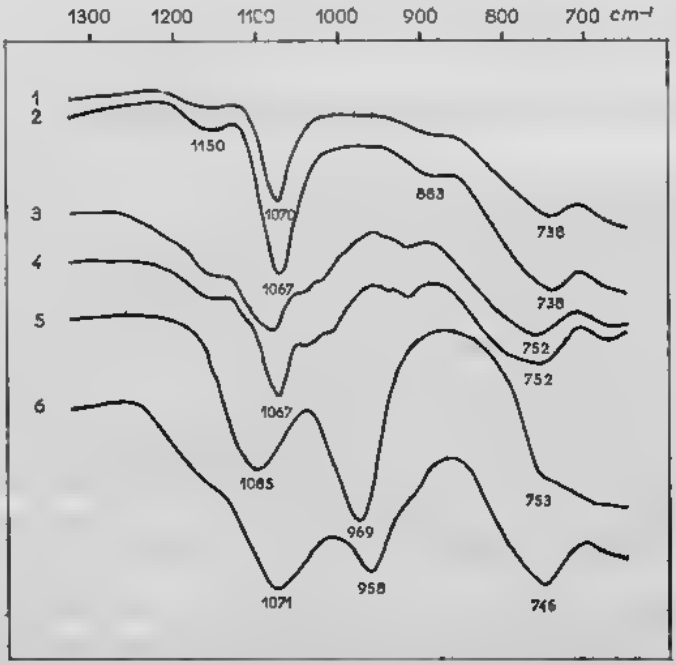


Fig. 7. — Spectres infrarouges : Bandes comparées de la boehmite et du diaspore purs et ferrifères dans la région de 1 300 à 650 cm-1. 1, Boehmite blanche de synthèse ; 2, Boehmite ferrifère de synthèse ; 3, Bauxite blanche à boehmite ; 4, Bauxite rouge à boehmite ; 5, Diaspore pur de Chester ; 6, Diaspore ferrifère (+ un peu de boehmite) de Péreille.

l'état de gel ni sous forme d'oxyde ou d'hydroxyde indépendant ; c'est ainsi que nous avons été amenées à penser qu'il devait se trouver dissimulé dans le réseau des hydroxydes d'aluminium (*). Avec les diagrammes de Debye et Scherrer, seuls utilisés dans ce travail, les rayons X ne mettent en évidence que les raies des hydroxydes alumineux, quelle que soit la teneur en fer de la bauxite. Un remplacement partiel de l'aluminium par le fer aurait dû se traduire par une modification du diagramme passant de celui de la boehmite à celui de la lépidocrocite. Quelle que soit l'impor

(*) G. W. Brindley (1951) avait d'ailleurs fait la même constatation à propos de certaines bauxites à boehmite.

Source : MNHN, Paris

tance de la substitution, le diagramme reste celui d'une boehmite pure. Cependant aucune des techniques utilisées ne permet de déceler deux phases, cristalline et amorphe ; de plus, la quantité d'eau de constitution est supérieure à celle qui permettrait de saturer l'aluminium pour constituer de la boehmite. Par contre, si on groupe le fer et l'aluminium dans le réseau AlO OH, la totalité de l'eau est utilisée, Dans le cas des bauxites à diaspore, le phénomène est identique et le fer se trouve encore dans le réseau du composé alumineux.

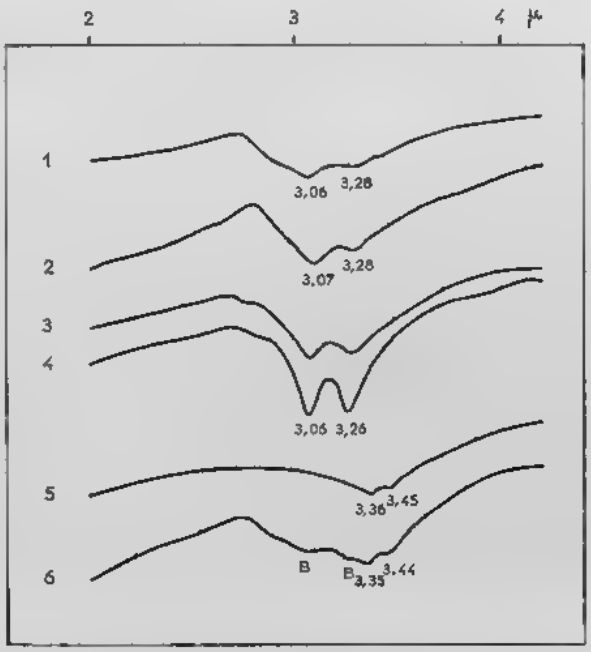


FIG. 8. — Spectres infrarouges : Bandes comparées de la boehmite et du diaspore purs et ferrifères dans la région de 3 μ. 1, Boehmite blanche de synthèse ; 2, Boehmite ferrifère de synthèse ; 3, Bauxite blanche ; 4, Bauxite rouge ; 5, Diaspore de Chester ; 6, Diaspore ferrifère de Péreille.

Le comportement à l'infrarouge confirme cette interprétation et permet même, dans une certaine mesure, d'évaluer l'importance du remplacement Al-Fe par le déplacement des bandes d'absorption caractéristiques dans la région de 1 100 à 900 cm-1.

D'une façon générale, les bandes s'avèrent moins nettes et moins profondes lorsqu'il s'agit de corps purement alumineux ; lorsque des atomes de fer remplacent les atomes d'aluminium, les bandes d'absorption sont plus marquées et les maximums mieux définis ; d'ailleurs, les diagrammes X montrent des raies plus intenses et plus nettes dans ce cas, ce qui conduit à penser que, dans les variétés ferrifères, la cristallinité et les forces de liaison à l'intérieur du réseau deviennent plus intenses. Avec plus ou moins

Source : MNHN, Paris

d'écart, les bandes glissent vers les grandes longueurs d'ondes (les basses fréquences) au fur et à mesure que les hydroxydes d'aluminium se chargent en fer.

Les boehmites pures ont leur bande principale vers 1 075-1 065 cm-1 ; dans les types ferrifères on peut déceler une légère variation du maximum, mais la bande étant arrondie et le déplacement faible, il est difficile, sur des spectres enregistrés à des moments différents, d'en tirer une conclusion, d'autant plus que les maximums varient légèrement d'une part avec les échantillons et d'autre part avec l'épaisseur de la cuve. Si, par contre, on enregistre sur le même graphique et dans les mêmes conditions des courbes (fig. 7), soit de boehmites de synthèses (courbes 1 et 2), soit de bauxites blanches et rouges (courbes 3 et 4), ce déplacement peut être observé. Il n'est guère que de 3 à 5 cm-1, mais est certainement dû à la variation de composition chimique.

Dans le cas du diaspore, les écarts constatés sont plus nets ; seule la bande située vers 960° cm-1 est utilisable, car les diaspores ferrifères contiennent presque toujours, semble-t-il, de la boehmite, et dans la région de 1 090-1 065 cm-1 les zones d'absorption des deux corps se superposent et interfèrent ; la bande du diaspore blanc culmine vers 970-965 cm-1, le diaspore ferrifère, rose ou brunâtre, présente un maximum pouvant se déplacer jusqu'à 954 ou même 952 cm-1 (fig. 7, courbes 5 et 6). D'autres détails seront donnés en étudiant les échantillons de PÉREILLE (Pl. VI).

Dans la région de 3 μ (fig. 8) on n'observe pas de différences de positions entre les maximums de la boehmite blanche et des variétés ferrifères, ni entre ceux du diaspore typique et des diaspores ferrifères : les groupes OH sont fixés à la molécule de la même façon, mais les OH associés du diaspore se montrent plus liés que ceux de la boehmite. En effet, les bandes de la boehmite présentent les maximums vers 3 μ 06 et 3 μ 28 tandis que, pour le diaspore, ceux-ci se placent vers 3 μ 36 et 3 μ 45.

3° ÉTAT DE LA SILICE

Bien que l'analyse chimique des bauxites mette en évidence une teneur parfois notable en silice, cet élément ne se trouve généralement pas à l'état libre, ni sous forme de gel, ni cristallisé. Par contre, il intervient dans la constitution de silicates phylliteux, caractérisés par l'épaisseur de leur feuillet élémentaire. C'est ainsi que l'on rencontre des silicates à 7 Å, tels que la kaolinite, ou des silicates à 14 Å plus ou moins stables : montmorillonite, pseudochlorite ou chlorite vraie.

Source : MNHN, Paris

III. — DESCRIPTIONS RÉGIONALES

1° BAUXITES DES BOUCHES-DU-RHONE, RÉGION DES BAUX

Les bauxites de la région des Baux se répartissent en trois types, suivant la couleur de la pâte. Celle-ci peut être beige ou rouge et dans les variétés dites tigrées on observe des zones soit blanches, soit rouges. Toutes contiennent des pisolites bruns plus foncés que le ciment. Nous avons étudié quelques-uns de ces échantillons. Les essais ont été réalisés sur un fragment broyé représentant un prélèvement moyen ; ils ont été complétés par une étude des différents éléments de la bauxite à l'aide des rayons infrarouges et des rayons X. L'examen microscopique en lame mince montre que l'ensemble, pâte et pisolites, est cryptocristallin, mais aucun des constituants ne peut être identifié avec certitude sur la base des propriétés optiques.

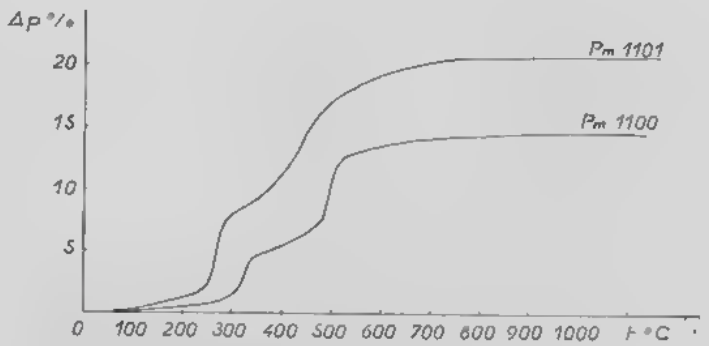


FIG. 9. — Courbes thermopondérales des bauxites des Baux (Pm 1100 et Pm 1101).

A) Bauxites à pâte claire

L'échantillon Pm 1101 (*), Pl. II, recueilli au MAS DE LA GUERRE, à pâte beige et pisolites bruns, donne une courbe d'analyse thermique différentielle présentant quatre accidents endothermiques à 180°, 280°, 340° et 500° ainsi qu'un phénomène exothermique faible vers 1 000°. Les deux derniers accidents caractérisent la kaolinite tandis que les inflexions à 280° et 340° sont dues probablement à la déshydratation d'hydroxydes d'alumine.

(*) Les désignations Pm, Gi, correspondent aux numéros des échantillons de la collection du Muséum.

Source : MNHN, Paris

La courbe thermopondérale figure 9 (Pm 1101) fait apparaître une perte de poids de 21,5 % qui se répartit de la façon suivante :

Intervalles de températures	Pertes de poids en %
0 - 200°	1
300 - 325°	7,5
325 - 475°	7,5
475 - 700°	5,5

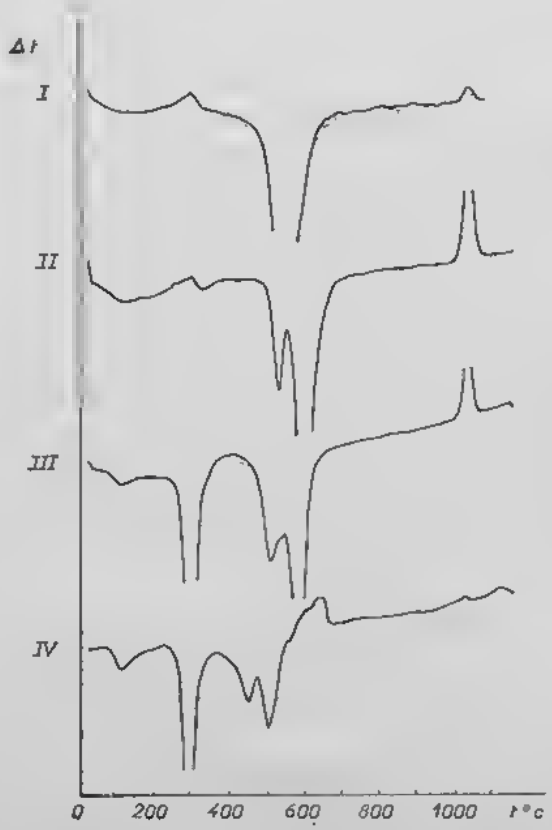


FIG. 10. — Courbes thermiques différentielles des bauxites des Baux :
I, Bauxite rouge Gi 4484 ; II, Bauxite rouge Gi 6572 ;
III, Bauxite à pâte claire Gi 6573 (pâte) ; IV, Bauxite Gi 6573 (pisolites).

L'examen à l'aide des rayons X et des rayons infrarouges montre que le minerai est complexe : la pâte beige (fig. 11, courbe 1), de composition assez constante, est formée de kaolinite associée à une petite quantité de boehmite. Les pisolites sont de nature variable : certains, d'une texture

Source : MNHN, Paris

uniforme rouge brique foncé, sont constitués par un mélange de gibbsite, de diaspore et d'hématite. D'autres, à zone externe foncée et centre clair,

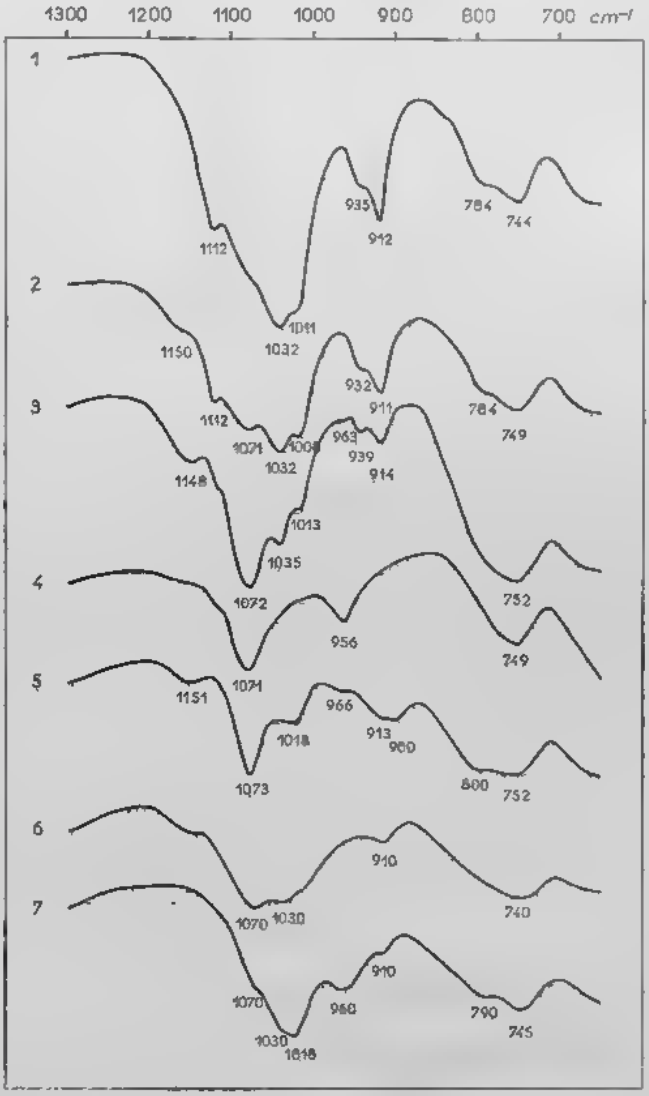


FIG. 11. — Spectres infrarouges de bauxites des Baux. — Pm 1101 : 1, Pâte beige. — Pm 1100 : 2, Pâte rouge ; 3, Pisolite brun rouge ; 4, Pisolite brun noir ; 5, Petit galet ocre jaune. — Gi 6573 pisolites : 6, Partie centrale claire ; 7, Parties brun rouge foncé.

renferment boehmite et diaspore, d'autres enfin, d'un rouge moyen, sont plus complexes et apparaissent formés par de la boehmite avec des traces de diaspore, de gibbsite et d'hématite.

Source : MNHN, Paris

L'analyse chimique a donné les résultats placés dans la colonne 1 du tableau ci-dessous :

	Pm 1101	Bauxites pisolitiques Gi 6573	
	1	2	3
	—	—	—
SiO^2	14,8	17,0	1,8
Al^2O^3	53,6	50,0	48,5
Fe^2O^3	7,0	0,7	33,4
FeO	0,7	1,5	3,0
CaO	1,6	1,5	1,0
MgO	0,5	0,7	0,4
TiO^2	0,6	0,6	0,7
$H^2O \pm$	20,9	19,0	16,0
	99,7	100,0	99,8

En utilisant les données obtenues par les diverses méthodes, il est possible de calculer la composition minéralogique quantitative de l'échantillon. Le quartz n'ayant pas été observé, la totalité de la silice est exprimée à l'état de kaolinite, soit 31,5 %. Avec l'eau s'échappant entre 200° et 325°, on calcule 31,5 % de gibbsite ; le reste de l'alumine est exprimé à l'état de boehmite, soit 24 %. Le diaspore n'a été mis en évidence qu'en très petites quantités, uniquement dans certains pisolites. Le fer contenu dans les concrétions est, semble-t-il, à l'état d'hématite.

Un autre échantillon du même gisement (Gi 6573) donne pour la pâte la courbe III figure 10, mettant en évidence trois importants crochets à 300°, 460° et 550°. On note aussi un phénomène exothermique très marqué vers 1 000°. Avec les pisolites on obtient la courbe IV, figure 10, assez différente : le crochet à 300° est toujours important, l'accident à 460° est plus marqué, tandis que celui à 550° a presque disparu ainsi que le phénomène exothermique à 1 000°. Par contre il apparaît un autre crochet endothermique vers 420°. Les courbes thermopondérales de la pâte et des pisolites montrent une grande similitude jusqu'à 500°, la perte de poids étant dans les deux cas d'environ 14 %, c'est le maximum pour les pisolites, mais elle atteint 18,5 % à 600° pour la pâte. Les analyses chimiques ont été effectuées sur la pâte (colonne 2) et sur les concrétions (colonne 3) tableau ci-dessus. Elles mettent en évidence la grande différence de composition de ces deux milieux ; la silice est localisée presque uniquement dans la pâte, tandis que le fer est concentré dans les pisolites.

En tenant compte des renseignements fournis par les rayons X, l'infrarouge (fig. 11, courbes 6 et 7) et l'étude thermopondérale, on peut minéralogiquement interpréter les deux analyses de la façon suivante :

	Pâte		Pisolites	
Kaolinite	37,00		4,00	
Gibbsite	31,00		14,5	
Boehmite	29,00	AlO OH	38,0	Boehmite et Diaspore
		FeO OH	13,00	
TiO^2	0,6		0,7	
Fe^2O^3	0,7		22,00	
H^2O —	1,00		1,00	
CO^3Ca			2,00	
	99,3		95,2	

Source : MNHN, Paris

La comparaison des compositions minéralogiques exprimées en % de chaque corps fait ressortir que le fer, surtout localisé dans les pisolites, est en grande partie à l'état d'hématite, mais qu'une quantité non négligeable se trouve dans le réseau des hydroxydes d'alumine, boehmite et diaspore. Par contre, la silice sous forme de kaolinite se situe dans la pâte. Les hydroxydes sont répartis presque également entre les deux milieux ; ils constituent 60 % du ciment et 65 % des concrétions : il faut noter enfin que l'étude à l'aide de l'infrarouge montre leur hétérogénéité, les unes sont riches en boehmite et diaspore les autres en gibbsite.

Au Mas Rouge, on trouve une bauxite á pâte également kaolinique avec gibbsite et boehmite. Les pisolites apparaissent comme des sphères blanches, car ils sont enveloppés par une mince pellicule de kaolinite, mais l'intérieur rouge foncé pulvérulent est constitué par de la boehmite et du diaspore ferrifères.

B) Bauxite tigrée

Dans l'échantillon (Gi 6574) du Mas de la Guerre (Pl. III) nous examinerons successivement les parties blanches et les parties rouges. La pâte blanche est constituée par de la kaolinite avec un peu de boehmite et de diaspore ; les petits pisolites foncés qu'elle renferme sont formés presque exclusivement de boehmite vraisemblablement ferrifère et d'hématite.

Dans la pâte rouge, la kaolinite s'associe à de la boehmite et á quelques % de gibbsite. Certains pisolites riches en boehmite contiennent également de la kaolinite et en plus de l'hématite ; d'autres sont formés de boehmite et de diaspore ferrifères.

A Kirbon, la bauxite à grain fin relativement homogène est rouge zonée de blanc. La partie claire, formée de kaolinite et de boehmite, contient du calcaire ; au voisinage de la partie rouge, la calcite diminue, elle a presque complètement disparu dans la zone rouge elle-même, encore kaolinique mais riche en boehmite ferrifére.

C) Bauxites à pâte rouge

Au Mas de la Guerre, nous disposons de trois échantillons : Pm 1100, Gi 6572 et Gi 4484.

Echantillon Pm 1100.

C'est une bauxite à pâte rouge et pisolites brun foncé, brun clair et blancs.

La courbe thermique différentielle est trés analogue à celle de l'échantillon à pâte claire Pm 1101. L'étude thermopondérale (fig. 9) révéle une perte de poids de 14,5 % qui s'effectue de la façon suivante :

Source : MNHN, Paris

Intervalles de températures	Pertes de poids en %
0° à 200°	0,5
200° à 275°	0,5
275° à 400°	4,25
400° à 700°	8,75
> 700°	0,50

La poudre de l'échantillon moyen donne un diagramme de rayons X dans lequel on reconnaît les réflexions caractéristiques de la boehmite, de la kaolinite, de l'hématite ; des raies plus faibles peuvent être attribuées au diaspore et à la gibbsite. L'absorption infrarouge révèle la présence de kaolinite et de boehmite, une bande du diaspore est également visible.

Une étude détaillée a été faite sur les différentes parties de la roche. La pâte, dans l'ensemble assez homogène en ce qui concerne l'infrarouge, montre la présence de kaolinite et de boehmite, la première étant dominante (fig. 11). Des pisolites bruns foncés à éclat métallique donnent un spectre pratiquement sans bande où seule la boehmite et peut-être un peu de diaspore apparaissent à l'état de traces ; les rayons X montrent qu'ils sont très riches en hématite. D'autres, à peine plus foncés que la pâte, apparaissent formés de boehmite ferrifère associée à une faible quantité de kaolinite et à une trace de diaspore. Certains de ces pisolites sont enveloppés d'une sorte de capsule blanche très mince, formée de kaolinite. Quant aux concrétions blanchâtres, il s'agit d'un mélange de boehmite et de kaolinite en proportions variables suivant les prélèvements. Enfin, un petit galet ocre est formé par un mélange de boehmite, de gibbsite et de goethite.

L'analyse chimique a donné les résultats placés dans la colonne 1 du tableau ci-dessous :

	1 (Pm 1100)	2 (Gl 4484)
SiO^2	8,0	3,0
Al^2O^3	39,4	51,6
Fe^2O^3	34,6	29,6
FeO	—	1,2
CaO	0,5	1,9
MgO	2,0	0,9
TiO^2	—	0,3
$H^2O \pm$	15,7	12,1
	100,2	100,6

Ils peuvent être interprétés minéralogiquement de la façon suivante : Le quartz n'ayant pas été mis en évidence, la totalité de la silice est exprimée à l'état de kaolinite, soit 17,5 %. Le reste de l'alumine est combiné avec la quantité convenable d'eau pour constituer des hydroxydes monohydratés de la forme Al O OH (boehmite ou diaspore), environ 31 %, et trihydraté (gibbsite), environ 10 %. Quant au fer, rien ne permet de supposer qu'il existe à l'état d'hydroxyde indépendant. Nous l'avons identifié en partie

Source : MNHN, Paris

sous forme d'hématite, le reste est dissimulé dans le réseau des hydroxydes d'alumine monohydratés, comme des travaux antérieurs l'ont montré (S. Caillère et Th. Pobeguin). On en calcule un total de 38,5 %.

Cette bauxite du gisement originel est constituée par une pâte kaolinique colorée par de la boehmite ferrifère englobant des pisolites de boehmite et de diaspore également ferrifères. Certains d'entre eux sont riches en hématite. On peut résumer ci-dessous sa composition minéralogique en % (colonne 1) :

	(1) Pm 1100		(2) Gi 4484
Kaolinite	17,5		6,5
AlO OH	31,0		60,6
FeO OH	38,5		10,0
Gibbsite	10,0		
Fe^2O^3	—	(*)	20,0
H^2O	1,0		
FeO ± TiO^2			1,5
Calcite			2,0
	98,0		100,6

L'échantillon Gi 6572, macroscopiquement très voisin de Pm 1100, renferme néanmoins plus de silice, ce qui se traduit par une teneur en kaolinite plus élevée (courbe II, fig. 10). La pâte rouge est un mélange de boehmite et de kaolinite ; les parties jaune ocre sont encore plus kaolinlques, tandis que les petits pisolites brun foncé très durs sont presque exclusivement formés d'hématite.

L'échantillon Gi 4484, à pâte rouge et petits pisolites brun foncé bréchiformes s'isolant mal du ciment, montre une grande richesse en boehmlte ferrifère ainsi que le révèle le très grand crochet endothermique vers 480°, visible sur la courbe I, figure 10. La kaolinite n'est guère présente que dans la pâte, 6,5 % d'après le calcul minéralogique (voir colonne 2 tableau précédent).

Aux Canonettes, la pâte de la bauxite est formée par un mélange en quantités sensiblement égales de boehmite et de gibbsite, où l'on observe localement des cristaux de calcite. Les pisolites présentent souvent une croûte rose brique riche en gibbsite avec traces de kaolinite et une partie centrale plus claire à diaspore.

L'échantillon du Mt-Paon est constitué par une pâte rouge, formée surtout de boehmite ; on y trouve également de la kaolinite, englobant par endroits d'assez gros cristaux de calcite ; les pisolites renferment boehmite et diaspore.

(*) La composition minéralogique virtuelle ne fait pas apparaître d'hématite bien que ce minéral ait été reconnu à l'aide des rayons X dans certains pisolites.

Source : MNHN, Paris

Les bauxites passent latéralement à des argiles dites bauxitiques. C'est ainsi que certains échantillons de GOURGONNIEN et du DISTET, bien que de couleur rouge, sont uniquement kaoliniques.

Au MAS DE LA DOUCEUR, un nodule très dur recueilli dans les argiles latérales montre un noyau central calcaire et kaolinique, entouré par une zone brune plus cristalline où apparaît de la goethite, et une partie externe gris foncé, à grain très fin, formée de goethite et de kaolinite.

En résumé, dans les bauxites de la région des Baux, la pâte claire ou rouge est essentiellement kaolinique. La coloration est due le plus souvent à la présence de hoehmite ferrifère.

Quant aux pisolites, généralement plus foncés que le ciment, ils montrent la plus grande variété de teintes et de composition. Cependant ils sont moins silicatés que la pâte ; ils renferment toujours plus ou moins d'hématite et sont parfois exclusivement ferrugineux. En dehors de l'oxyde de fer, les concrétions contiennent des hydroxydes d'alumine, souvent ferrifères. Rappelons que des pisolites voisins peuvent être de compositions différentes et cette grande hétérogénéité des pisolites s'oppose à l'homogénéité relative de la pâte, ce qui, au point de vue de la genèse, indique que les concrétions ont pris naissance dans des conditions diverses pour être ensuite reprises et englobées dans un ciment silicaté de composition plus constante.

Remarquons que dans les Alpilles, à la base des gisements, il y a une zone très riche en kaolinite, souvent colorée en rouge par l'hématite finement divisée, que G. PERINET (1961) désigne sous le nom de « pseudo-bauxite », et où il signale la présence de quartz détritique. Quand nous avons étudié des contacts mur-bauxite, nous avons bien observé la kaolinite, mais jamais le quartz.

2° BAUXITES DU VAR

Les échantillons de cette région proviennent en grande partie de deux zones situées au nord et au sud de Brignoles. Nous examinerons d'abord les bauxites provenant du Thoronet, du Recou, de Cabasse, de Vins-sur-Caramy, du Val et d'Ollières en zone Nord, puis celles de Mazaugues, Brignoles, Ingardin, et, plus au sud encore, du Revest, près de Toulon.

Ces matériaux seront décrits en commençant par ceux de la région de Brignoles.

A. Zone au Nord de Brignoles

a) LE THORONET, LE RECOU ET CABASSE

Le gîte de Rigoulier, commune du Thoronet, est compliqué par un jeu d'écailles qui font se répéter lias et bauxites. Le mur est une dolomie recouverte par quelques centimètres d'une argile imprégnée de manganèse. La bauxite, rouge et uniforme à la base, est blanche et noduleuse au sommet,

Source : MNHN, Paris

d'après J. DE LAPPARENT (1930). Nous avons étudié de cet ensemble quatre échantillons : l'un désigné « mine de Rigoulier », l'autre portant comme indication « le Thoronet », dont nous ne connaissons pas la position ; par contre le prélèvement fait dans le gîte du Recou, situé près des deux précédents, se place au mur de la bauxite ; enfin le dernier a été recueilli à Cabasse.

Bauxite de la mine de Rigoulier, au Nord du Canet-des-Maures.

Cet échantillon blanc, macroscopiquement homogène, a une composition minéralogique simple, formée par 83 % de boehmite et environ 11 % de kaolinite. Il s'agit donc, comme le montrent les résultats de l'analyse chimique placés dans la colonne 1 du tableau suivant, d'une roche pratiquement dépourvue de fer ; sa teneur exceptionnellement élevée en alumine peut être exprimée en presque totalité sous forme de boehmite :

	(1) Rigoulier	(2) Le Thoronet
SiO^2	5,2	—
Al^2O^3	72,7	50,2
Fe^2O^3	1,6	30,4
FeO	—	0,7
CaO	0,6	3
MgO	2	0,6
TiO^2	0,8	1,6
$H^2O \pm$	16,2	13,4
	99,1	99,9

Le Thoronet (*Gi* 4483).

D'aspect hétérogène, cette bauxite est entièrement pisolitique ; les concrétions se répartissent en deux groupes, les unes très petites formant ce qu'à l'œil on considère comme la pâte, de couleur ocre jaune ; les autres plus grosses, ayant la taille habituelle. On y observe encore des fragments bréchiformes, le plus souvent rouge foncé (Pl. IV A).

La courbe thermique met en évidence deux inflexions, l'une vers 320° de taille moyenne, l'autre beaucoup plus importante à 470°. La courbe thermopondérale permet de chiffrer le premier départ à 1,2 %, le second à 9,8 %, enfin, au-delà de 550°, la bauxite perd encore environ 1 % de son poids, ce qui doit correspondre à un dégagement de CO^2.

L'étude à l'aide des rayons X et infrarouges révèle que le constituant essentiel est la boehmite associée à une petite quantité de goethite.

L'analyse chimique, colonne 2 du tableau précédent, met en évidence un fait sur lequel il y a lieu d'insister, l'absence complète de silice. En effet, la reconstitution minéralogique fait apparaître 94 % d'hydroxydes :

Boehmite	AlO OH	59
	FeO OH	23
Goethite		12
Calcite		2
TiO^2		1,6
		97,6

Source : MNHN, Paris

Une étude détaillée à l'Infrarouge montre que les pisolites rouges contiennent, avec la boehmite, du diaspore plus ou moins ferrifère. Certains galets gris sont exclusivement boehmitiques. Quant à la « pâte », elle est également boehmitique, avec un peu de goethite qui doit enrober les très petits pisolites. Cette richesse exceptionnelle en hydroxydes permet d'expliquer la texture très particulière de cet échantillon.

En effet, dans les bauxites, la silice appartient en général au réseau de la kaolinite, localisée principalement dans le ciment. L'absence de silice expliquerait ainsi l'absence de ciment. Remarquons aussi que cette bauxite renferme une partie du fer à l'état d'hydroxyde indépendant.

Le Recou.

Au Recou, près le Thoronet, il a été observé, dans un échantillon prélevé au mur de la bauxite, au contact du carbonate qui est ici, non de la dolomie, mais de la calcite, un enduit rouge chocolat ; l'étude infrarouge permet de l'identifier à de la kaolinite, et l'examen à l'aide des rayons X révèle en outre la présence de l'hématite responsable de sa coloration.

Signalons aussi qu'au contact de la zone rouge le calcaire est lui-même plus ou moins pénétré par de la kaolinite à peine colorée.

Cabasse (*Gi* 4482).

Cette roche rouge brun, comme la précédente, est homogène et n'englobe que de rares concrétions riches en fer et quelques petites plages blanches.

La courbe thermique différentielle, faite sur la prise d'essai globale, montre un dédoublement du crochet endothermique de la kaolinite, dû probablement à la présence d'un hydroxyde d'alumine. L'étude thermopondérale révèle, en dehors de 1 % d'eau hygroscopique, une perte de poids de 0,6 % au-dessus de 350° ; entre 350° et 410°, la perte de poids est de 1,4 % ; au-delà, l'échantillon subit encore une perte de poids de 9 %.

L'étude infrarouge met en évidence la kaolinite, ce que confirme l'examen à l'aide des rayons X, qui décèle en outre une petite quantité de diaspore.

L'analyse chimique donne les résultats groupés ci-dessous :

SiO^2	35,9
Al^2O^3	33
Fe^2O^3	14,9
FeO	1
TiO^2	1
CaO	0,6
MgO	1
Perte au feu	12
	99,4

Ils permettent les évaluations suivantes : 77 % de kaolinite et 1,5 % de diaspore, peut-être un peu ferrifère ; le fer en excès est à l'état d'hématite, 15 %. La composition minéralogique se résume ainsi :

Source : MNHN, Paris

AlO OH / FeO OH	Kaolinite	77
	Diaspore	1,5
	TiO^2	1
	FeO	1
	Fe^2O^3	15
	H^2O —	1
		96,5

Cette bauxite, bien que très rouge, est essentiellement kaolinique ; sa coloration est due au fer sous forme d'hématite.

b) Vins-sur-Caramy

De ce gisement, situé dans la partie centrale de la zone bauxitique au nord de Brignoles, nous avons eu à notre disposition un bloc très important, (Planche IV B) d'une tonne environ (1). Il s'agit toujours d'une bauxite pisolitique et bréchiforme de laquelle ont été détachés huit fragments d'aspects différents, désignés par les lettres A, B, C, D, E, F, G, H.

Échantillon A.

Les concrétions brun rouge foncé sont reliées par une pâte qui se résout à la loupe en un agrégat de fins pisolites à coque blanche, entourés localement par un ciment blanc indifférencié et par des zones ocres.

La courbe thermique différentielle (courbe 1, fig. 12) met en évidence, en dehors d'une faible inflexion endothermique à 100°, un petit crochet à 320° qui correspondrait à une trace de gibbsite, diagnostic confirmé par l'infrarouge, et un grand, vers 450°. On note également deux faibles phénomènes exothermiques vers 1 000° et 1 050°.

L'étude thermopondérale montre les pertes de poids suivantes :

Entre la température ordinaire et 250°	0,4 %
de 250° à 350°	0,2 %
de 350° à 650°	7,9 %
Au delà, la bauxite perd encore	0,7 %

L'étude aux rayons X manifeste la présence de la boehmite et de l'hématite, constituants dominants des pisolites. L'examen détaillé, à l'aide des rayons infrarouges, décèle dans les pisolites, en dehors de la boehmite, un peu de diaspore et précise que le ciment blanc compact est formé de kaolinite, tandis que les parties ocres doivent leur coloration à la goethite.

L'analyse chimique a donné les résultats groupés dans la colonne A de la page 155, dont l'interprétation minéralogique est la suivante :

(1) Nous devons ce bloc à M. Genet, de la Société Ugine, à qui nous tenons à exprimer ici tous nos remerciements. Signalons que par erreur nous indiquons ce bloc comme provenant de Vins-sur-Caramy alors qu'il a été extrait de la mine Peygros, située commune du Thoronet, sous un recouvrement de 110 m, le toit étant du Campanien et le mur du Bathonien.

Source : MNHN, Paris

Boehmite	AlO OH	49
	FeO OH	26,50
	Fe^2O^3	20,50
	FeO	0,9
	TiO^2	1,6
	H^2O	0,5
		99,0

Échantillon B.

Cet échantillon ne diffère du précédent que par l'absence de ciment blanc. La courbe thermique différentielle de B (courbe II, fig. 12) est superposable à celle de l'échantillon A. Le diagramme thermopondéral fait apparaître une perte de poids de 1 % de la température ordinaire jusqu'à 300° ; de 300° à 600° la perte de poids est de 8 % ; au-delà de 650°, la diminution de poids est de 0,6 %.

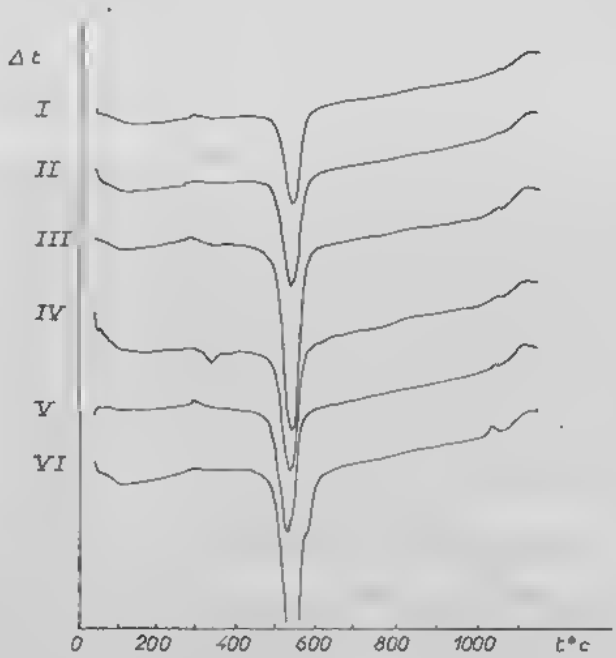


Fig. 12. — Courbes thermiques différentielles de bauxites provenant du bloc dit de Vins (Pl. 1V B).

Le diagramme de rayons X et le spectre infrarouge mettent en évidence un mélange de boehmite et d'hématite, ce dernier minéral étant surtout concentré dans les pisolites.

L'analyse chimique figure dans la colonne B du tableau et conduit à une interprétation minéralogique extrêmement voisine, soit 78 % de boeh-

Source : MNHN, Paris

mite ferrifère, 18 % d'hématite. Mais l'hydroxyde d'alumine est moins ferrifère que dans A ; remarquons que les deux échantillons A et B, totalement dépourvus de silice, sont par contre très riches en hématite.

Échantillon C.

La courbe thermique est très analogue aux deux précédentes (courbe III, fig. 12). L'étude thermopondérale met en évidence une perte de poids de 0,6 % entre 175° et 250° ; entre 300° et 600°, la diminution de poids est de 7,9 % ; au-delà on enregistre une diminution de poids de 0,5 %, due peut-être à la présence de traces de calcite.

Les rayons X donnent des résultats identiques à ceux obtenus pour A et B ; il s'agit d'un mélange de boehmite et d'hématite, ce dernier minéral dominant dans les pisolites.

Les résultats de l'analyse chimique, placés dans la colonne C du tableau de la page 155, montrent une grande analogie avec ceux de A ; d'ailleurs, l'interprétation minéralogique conduit à des résultats très voisins. La silice fait presque totalement défaut et l'alumine et le fer sont présents en quantités sensiblement égales. Le fer se répartit entre le réseau de la boehmite et celui de l'hématite. Ce minéral est cependant moins abondant que dans les deux échantillons A et B. De plus, il n'est pas possible de calculer de goethite, qui n'est mise en évidence par aucune technique.

SiO^2		0,8
AlO OH 47	{	80
FeO OH 33	{	
Fe^2O^3		12
FeO		1,7
TiO^2		1
H^2O		0,6
		96,1

Échantillon D.

La pâte de cette bauxite est plus claire que celle des échantillons précédents. La courbe thermique (courbe IV, fig. 12) diffère par la présence d'un faible crochet vers 350° qui pourrait correspondre à de la goethite ou à de la gibbsite ; le spectre infrarouge permet de conclure qu'il s'agit de goethite. Le diagramme thermopondéral ne montre aucune perte de poids jusqu'à 250°. Entre 250° et 350° la perte de poids est de 0,4 %, ce qui correspond à 4 % de goethite ; dans l'intervalle 350-650° la perte de poids est de 8 % ; au-delà de 650° on enregistre une diminution de poids de 2 %.

L'étude à l'aide des rayons X conduit aux mêmes résultats que précédemment et montre la même répartition des constituants, il s'agit toujours d'un mélange de boehmite et d'hématite.

Les résultats de l'analyse chimique, placés dans la colonne D du tableau page 155, font apparaître une composition chimique très voisine de celle de C, aboutissant à une interprétation analogue, soit 74 % de boehmite ferrifère, 17 % d'hématite et 4 % de goethite, probablement assez localisée.

Source : MNHN, Paris

Échantillon E.

L'échantillon E rappelle beaucoup macroscopiquement l'échantillon A et l'étude thermique différentielle confirme cette analogie (courbe V, fig. 12).

La courbe thermopondérale fait apparaître une perte de 10 %, qui se répartit de la façon suivante :

De 0° à 250°	0,4 %
De 250° à 300°	0,3 %
De 350° à 650°	8,7 %
Au-delà de 650°	0,6 %

Le diagramme de rayons X met en évidence un mélange de boehmite et d'hématite avec traces de kaolinite.

Les résultats de l'analyse se trouvent placés dans la colonne E du tableau de la page 155, ils confirment l'analogie avec A.

L'interprétation minéralogique de cette analyse est la suivante :

Kaolinite	0,5
Boehmite ferrifère	85
Hématite	7
Goethite	3
$FeO + TiO^2$	2,3
H^2O —	0,4
	98,2

Echantillon F.

Enfin F est un type plus normal avec pisolites et fragments bréchiques bruns noyés dans une pâte claire. L'étude, faite sur un prélèvement moyen, montre que les variations de faciès ne correspondent pas à des différences profondes au point de vue minéralogique et chimique.

C'est ainsi que l'analyse thermique permet d'enregistrer une courbe très analogue à celles fournies par les échantillons précédents, caractérisée par une inflexion endothermique à 470° qui est celle de la boehmite.

La courbe thermopondérale de l'échantillon moyen met en évidence une perte de poids de 0,5 % jusqu'à 250° ; de 250° à 350°, 0,3 % ; de 350° à 650°, 8,2 % ; au-delà de 650°, 1 %.

Les diagrammes de rayons X confirment que le constituant principal est la boehmite, à laquelle s'ajoute plus ou moins d'hématite suivant les prélèvements ; on observe également des traces de chlorite, de kaolinite et de goethite.

L'étude à l'aide des rayons infrarouges montre que les petits pisolites, comme les gros, sont formés de boehmite pure. Quant à la pâte rose clair, elle est, elle-même, faite de kaolinite et de boehmite.

L'étude chimique a donné les résultats réunis dans la dernière colonne du tableau ci-dessous :

Source : MNHN, Paris

	A	B	C	D	E	F
SiO^2	—	—	0,8	0,5	0,3	2,8
Al^2O^3	41,5	54,7	40	45,2	38,7	62,6
Fe^2O^3	43,7	29,9	41,6	39,5	45,9	15,5
FeO	0,9	1	1,7	1,4	1	1,1
CaO	1	1,5	2	1,2	1,5	1,9
MgO	1	0,7	2	0,4	0,5	0,6
TiO^2	1,6	1,2	1	1,3	1,3	1,7
$H^2O \pm$	10	11	10,4	10,5	10,9	13,9
	99,7	100,0	99,5	100,0	100,1	100,1

Ils montrent une différence nette avec les échantillons précédents, F étant plus siliceux et moins ferrifère.

Échantillon G.

De couleur relativement claire comme B, il présente, dans la masse fondamentale boehmitique, un peu de kaolinite. Les pisolites sont en boehmite et renferment une quantité parfois importante d'hématite.

Échantillon H.

Ce prélèvement est intéressant, car si la partie détachée du bloc se présente d'une manière très analogue à A et B, par contre la partie extérieure est corrodée et vacuolaire. Dans les cavités, on observe, à la loupe, de beaux rhomboèdres de calcite et des cristaux de quartz, tantôt transparents et bipyramidés, tantôt laiteux et concrétionnés ; ce sont des produits de néoformation résultant de la remise en mouvement de la chaux et de la silice, observation à rapprocher du fait que ce bloc est très peu siliceux et ne contient pas de quartz détritique.

INTERPRÉTATION MINÉRALOGIQUE

	Boehmite ferrifère			Goethite	Hématite	Kaolinite	FeO	TiO^2	H^2O	Total
	AlO OH	FeO OH	Total							
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A	49	26,5	75,5	–	20,50	tr	0,9	1,6	0,5	99,0
B	64,5	13,5	78	–	18	tr	1	1,2	1,0	99,2
C	47	33	80	–	12	tr	1,7	1	0,6	95,3
D	53	21	74	4	17	tr	1,4	1,3	—	97,7
E	45	40	85	3	7	0,5	1	1,3	0,4	98,2
F	71	18	89	2	tr	6,0	1,1	1,7	—	99,8

Ce tableau montre que le constituant essentiel est la boehmite ferrifère. Toutefois, la teneur en fer de ce minéral est très variable ; le rapport AlOOH / FeOOH est sensiblement égal à 1 dans le cas de E ; il est de 0,25 dans l'échantillon F.

Comme minéral ferrifère indépendant, il n'y a que l'hématite, dont la teneur peut atteindre 20 %. La goethite ne représente que quelques % dans les échantillons D, E, F.

Source : MNHN, Paris

Vins — (*Gi* 4481).

Ce fragment, totalement indépendant du bloc précédent et relativement homogène macroscopiquement, donne une courbe thermique différentielle qui met en évidence l'inflexion de la boehmite et les deux crochets de la kaolinite. Le premier minéral est nettement plus abondant que le second, ce qui correspond aux résultats donnés par l'étude à l'aide des rayons X et de l'infrarouge.

L'étude thermopondérale révèle un unique accident qui débute à 350° et s'achève vers 600°, dû à la déshydratation des deux minéraux, sans qu'il soit possible d'indiquer avec précision ce qui revient à chacun d'eux. En outre, on observe une diminution de poids de 1 % entre 100° et 350°. L'analyse chimique a donné les résultats ci-dessous :

SiO^2	9,7
Al^2O^3	63,0
Fe^2O^3	4,9
FeO	1,1
CaO	2,5
MgO	3,0
TiO^2	0,3
$H^2O \pm$	15,0
	99,5

L'interprétation minéralogique conduit à la composition suivante :

Kaolinite	21
AlO OH	64,5
FeO OH	7
TiO^2	0,3
H^2O —	1
Calcite	2
	95,8

qui montre que tout en étant essentiellement boehmitique, comme le bloc d'une tonne étudié précédemment, cet échantillon renferme cependant 20 % de kaolinite ; il contient moins de fer et ce métal ne s'individualise pas à l'état d'hématite.

c) Le Val (à 3 km au Nord de Brignoles)

Dans ce gîte, la bauxite repose sur des dolomies et possède un toit formé par des sables et des calcaires alternant avec des argiles à intercalation de lignite (J. de Lapparent).

L'échantillon étudié est rouge à pisolites bruns plus ou moins foncés. La pâte est formée presque exclusivement de boehmite, ainsi d'ailleurs que certaines grosses concrétions sombres ; dans cette pâte on trouve également un peu de kaolinite. Quelques fragments bréchiformes bruns à éclat métallique sont formés d'un mélange de boehmite, de diaspore et d'hématite.

Source : MNHN, Paris

*
* *

Les bauxites constituant la zone au nord de Brignoles, allant de la Piscine au Recou, sont des roches essentiellement boehmitiques. Ce minéral est généralement ferrifère ; il faut signaler une exception, l'échantillon blanc du gîte de Rigoulier dans lequel la boehmite est entièrement alumineuse. La kaolinite est exceptionnelle, elle ne devient un constituant principal que dans un seul échantillon, celui de Cabasse, probablement prélevé au voisinage du mur. L'hématite, abondante, varie de 7 à 20 % dans les prélèvements effectués dans le bloc provenant de Vins-sur-Caramy. La goethite, exceptionnelle, ne constitue qu'un élément mineur.

d) Ollières

Dans ce gisement, dont nous avons étudié plusieurs échantillons, on trouve une roche très dure, dense, compacte, à cassure conchoïdale et brillante dont la couleur est tantôt blanche, tantôt rose violacé. Il s'agit d'une formation analogue aux « flint clays » d'Amérique qui se montre, tant à l'infrarouge qu'aux rayons X, constituée uniquement de kaolinite. L'étude thermopondérale met en évidence une perte de poids de 13 % entre 400° et 800°, teneur en eau théorique pour une kaolinite. Dans certaines veines brunâtres on trouve de l'hématite. Ce n'est donc pas une bauxite.

B. Échantillons de Brignoles et de la zone Sud

a) Bauxites de Brignoles

Nous avons de ce gisement quatre échantillons Pm 1106 et Gi 6391, presque identiques, Gi 2048 et Pm 1105.

Pm 1106 *et Gi* 6391.

Nous décrivons en même temps les deux premiers. Ce sont des échantillons à pâte blanc rosé, à concrétions de couleurs et de formes variées. Leur courbe thermique, très complexe, comporte une inflexion endothermique vers 290° suivie d'un phénomène exothermique vers 370°. On observe ensuite deux phénomènes endothermiques, le premier, grand vers 520°, le second, plus important encore vers 570°. Signalons enfin la présence d'un grand accident endothermique vers 900° suivi d'un phénomène exothermique très bien développé vers 1 020° : ces deux derniers traduisent la dissociation de la calcite. Signalons de plus sur la courbe de Pm 1106 deux faibles inflexions endothermiques vers 740° et 780°. Le crochet à 290° correspond à la gibbsite et ceux à 520° et 570° sont dus à la déshydratation de la boehmite et de la kaolinite.

La courbe thermopondérale indique, en dehors de 1 % d'eau hygroscopique, un dégagement d'eau de 2,5 % entre 275° et 375° ; puis 2,5 % entre 375° et 475° dus à la déshydratation de la boehmite ; entre 475° et 600° on enregistre une perte de poids de 7 %, traduisant la décomposition de

Source : MNHN, Paris

la kaolinite ; au-delà, le carbonate se dissocie en libérant 10 % de CO^2.

L'étude à l'aide des rayons X met en évidence les réflexions de gibbsite, de la kaolinite et de la boehmite.

L'étude à l'infrarouge confirme l'analogie des deux échantillons, la pâte est formée de kaolinite associée à une petite quantité de boehmite et de gibbsite. Quant aux pisolites, ils contiennent soit de la gibbsite, soit de la boehmite, soit du diaspore. Certains, plus sombres, renferment un peu d'hématite.

L'analyse chimique de Pm 1106 a donné les résultats inscrits dans la colonne 1 du tableau suivant :

	(1) Pm 1106	(2) Gi 2048
SiO^2	27,0	10,0
Al^2O^3	34,6	59,6
Fe^2O^3	4,9	2,9
FeO	—	—
CaO	6,0	2,4
MgO	2,0	2,0
TiO^2	1,1	0,7
CO^2 }	24,3	22,8
H^2O }		
	99,9	100,4

Ils montrent l'importance de la perte de poids : elle représente près de 25 % et elle comprend à la fois l'eau et le gaz carbonique.

En tenant compte des données de l'étude thermopondérale, il est possible de connaître la teneur en CO^2. Cet élément est utilisé pour calculer de la calcite ; après épuisement de CaO, le reste de CO^2 est combiné à MgO. Puis toute la silice est exprimée en kaolinite. L'alumine restante, unie à l'eau s'échappant entre 275° et 375°, est considérée comme trihydrate ; le reste est exprimé en monohydrate AlOOH. Enfin l'excédent d'eau est combiné au fer, sous forme de FeOOH, contenu dans le réseau du monohydrate d'alumine.

On obtient la composition minéralogique résumée ci-dessous :

Kaolinite	58
Gibbsite	8
AlO OH	6
FeO OH	7
Calcite	11
CO^3Mg	5
H^2O —	1
	96

Si, au total assez faible indiqué ci-dessus, on ajoute 3 % d'eau se dégageant au-dessus de 100° et non interprétée, on arrive à un chiffre satisfaisant. Cette eau résiduelle est peut-être due au fait que la totalité

Source : MNHN, Paris

du fer a été exprimée á l'état de monohydrate inclus dans la boehmite ou le diaspore, alors qu'une partie de celui-ci se trouve également dans le réseau de la gibbsite.

Gi 2048.

Son aspect macroscopique est très analogue à celui des deux échantillons précédents, sa courbe d'analyse thermique présente d'ailleurs les mêmes inflexions, le crochet dû à la déshydratation de la gibbsite étant mieux marqué. L'étude à l'aide des rayons infrarouges montre que la pâte est formée de kaolinite, de gibbsite et de boehmite. Les pisolites rouge brique sont formés de boehmite ferrifére.

L'analyse chimique a donné les résultats que l'on trouvera dans la colonne 2 du tableau précédent. Ils peuvent s'interpréter minéralogiquement de la façon suivante :

Kaolinite		21,5
Gibbsite		54
AlO OH	Boehmite	18
FeO OH		3
TiO^2		0,7
		97,2

En résumé, la pâte de l'échantillon est donc essentiellement formée de gibbsite, elle renferme également de la kaolinite et de la boehmite. Les pisolites sont formés de boehmite ferrifère.

Pm 1105.

Il s'agit d'une bauxite compacte rouge brique foncé avec quelques pisolites noirs associés intimement à la pâte.

La courbe thermique présente un accident á 480° caractéristique de la boehmite. L'étude thermopondérale confirme qu'il ne se produit qu'un seul départ d'eau. Les rayons X et l'infrarouge ne mettent en évidence que de la boehmite, et l'analyse chimique donne les résultats suivants :

	1105
SiO^2	0,3
Al^2O^3	50,2
Fe^2O^3	31,3
FeO	0,7
TiO^2	0,8
CaO	1,7
MgO	0,5
H^2O	14
	99,5

qui permettent d'évaluer á 92 % la teneur en boehmite ferrifère dont 59 % de AlO OH et 33 % de FeO OH.

Source : MNHN, Paris

A INGARDIN, à 4 km à l'ouest de Brignoles, un sondage a permis d'extraire une carotte montrant le contact entre la bauxite et la « dolomie » du mur.

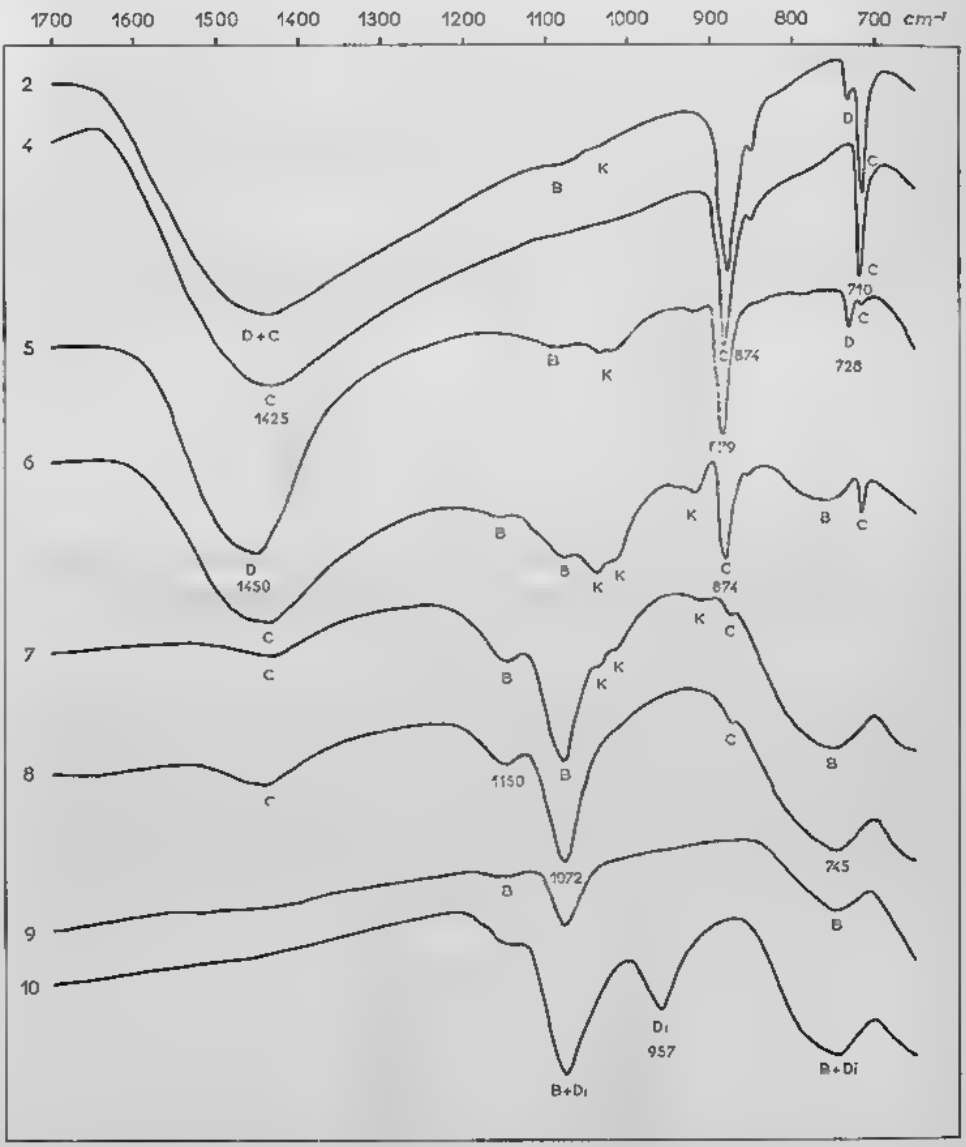


FIG. 13. — Spectres infrarouges de divers prélèvements effectués dans la carotte d'Ingardin.

Sur la photographie (Pl. V A) on peut voir, en effet, dans une masse carbonatée blanche, la pénétration de la bauxite foncée englobant des fragments bréchiques blancs.

Source : MNHN, Paris

L'étude à l'aide de l'infrarouge (fig. 13) confirme qu'il s'agit bien d'un calcaire magnésien sur lequel repose la bauxite. La masse blanche (1) (2) est un mélange de calcite et de dolomie ; en certains points attaqués par l'érosion, ce dernier minéral forme une trame (5) dont les vides sont remplis par un mélange où prédomine la calcite. Les fragments bréchiques sont beaucoup plus riches en calcite, le fragment (3) est de la calcite presque pure. L'ensemble est traversé par des filons d'un blanc brillant (4) formés uniquement de calcite. Le contact du calcaire magnésien et de la bauxite se fait par une zone sableuse très mince de couleur ocre rose constituée par un mélange de kaolinite, de boehmite et de calcite ; en se rapprochant de la bauxite (11) la kaolinite diminue. La présence de kaolinite au contact carbonate-bauxite est à rapprocher de l'observation faite au Recou et de celle que nous ferons dans le gîte de Carlencas (Hérault) où la zone de transition est un sable formé par des grains de dolomie cimentés par de la kaolinite. La pâte rouge de la bauxite (7 et 8) est essentiellement boehmitique avec traces de calcite. Les pisolites brun foncé (9 et 9 bis) sont boehmitiques avec plus ou moins d'hématite, les brun rouge moins foncés que les précédents (10) contiennent du diaspore en plus de la boehmite.

b) Mazaugues

De Mazaugues nous avons un échantillon à pâte violacée et pisolites de même teinte mais plus sombres. Le constituant principal est la boehmite dans le ciment et dans les concrétions. L'infrarouge et les rayons X y révèlent, en outre, la présence de kaolinite. Nous avons étudié également un fragment de carotte de sondage prélevé dans le mur à 2 m au-dessous du contact (voir p. 163).

Les bauxites de Brignoles et de la bande sud sont essentiellement boehmitiques, ce minéral se chargeant de fer dans les échantillons rouges. La gibbsite est présente dans les échantillons blancs de Brignoles, le diaspore est toujours accessoire.

En résumé, les bauxites des zones nord et sud de Brignoles sont toutes des roches à boehmite plus ou moins ferrifère ; cet hydroxyde est associé à de la kaolinite dans les gîtes des environs immédiats de Brignoles, où apparaît en outre la gibbsite.

C. Le Revest (au Nord de Toulon)

Ce gisement se présente sous forme d'une série de poches creusées dans des calcaires magnésiens. Sur la bauxite repose un lit de calcaire rouge à characées d'âge cénomanien (J. de Lapparent).

Cette bauxite foncée, de couleur chocolat, macroscopiquement homogène, rappelle celle de Cabasse. Cependant ces deux roches ont des compositions différentes, puisque celle de Cabasse est surtout kaolinique tandis que celle du Revest est boehmitique.

Source : MNHN, Paris

Les rayons X révèlent la présence d'hématite en partie responsable de la couleur et l'infrarouge indique l'existence d'une faible quantité de kaolinite.

L'analyse chimique d'un échantillon moyen a donné les résultats suivants :

SiO^2	1
Al^2O^3	53,6
Fe^2O^3	29,9
FeO	0,9
TiO^2	1,5
CaO	0,9
MgO	1,5
H^2O	11,2
	100,5

Avec la silice, il est possible de calculer 2 % de kaolinite, le reste de l'alumine apparaît sous forme de boehmite, soit 63 % ; l'excès d'eau est combiné à une partie de l'oxyde de fer sous forme de FeO OH, soit 16 % dissimulé dans le réseau de la boehmite ; le surplus d'oxyde est à l'état d'hématite, soit 15 %.

La composition minéralogique de la bauxite du Revest peut ainsi s'exprimer de la façon suivante :

Kaolinite		2
Boehmite ferrifère	AlO OH	63
	FeO OH	16
Hématite		15
TiO^2		1,5
FeO		0,9
		98,4

En résumé. — Les bauxites blanches du Var peuvent être boehmitiques, comme au Thoronet, ou kaolinitiques comme dans la région de Brignoles ; lorsqu'il y a de la kaolinite, ce minéral se concentre dans la pâte. Quant aux bauxites rouges, elles sont essentiellement boehmitiques, sauf l'échantillon de Cabasse. Le fer se trouve soit à l'état d'hématite, soit dissimulé dans le réseau de la boehmite. La gibbsite et le diaspore sont rares.

L'étude de la bauxite de Vins montre que, sur une tonne de matériel, les variations de composition sont extrêmement faibles malgré les différences macroscopiques : l'aspect et la texture ne permettent donc pas de porter un jugement sur la composition minéralogique d'une bauxite ; un des plus beaux exemples est l'échantillon du Thoronet, qui, quoique d'aspect très hétérogène, présente une composition minéralogique relativement constante.

L'étude de la carotte d'Ingardin est instructive au point de vue de la genèse de la bauxite. Dans ce gîte, le mur, d'âge jurassique supérieur (E. Roch), est non une véritable dolomie mais un mélange de calcite avec une petite quantité de dolomie. La zone de contact, sableuse, extrêmement mince, est formée de kaolinite, contenant de la boehmite et beaucoup de

Source : MNHN, Paris

calcite. Il semble qu'il n'y ait pas un simple remplissage des cavités de la roche carbonatée par la bauxite, mais un brassage du dépôt avec, postérieurement, friction sur les contacts et arrachement des fragments carbonatés des parois. Après la mise en place de la bauxite, il a dû se produire des dislocations permettant la formation des filons de calcite recoupant l'ensemble bauxite et mur. A Ingardin, la différence est très tranchée entre la bauxite rouge et le mur blanc.

A Mazaugues, au contraire, un fragment de mur prélevé à 2 m au-dessous du contact (carotte de sondage) a un aspect bréchique rubéfié qui tranche peu avec la bauxite violacée ; dans ce cas il y a eu pénétration plus profonde de la kaolinite associée à l'hématite dans la dolomie ; certaines taches jaunes ocre sont de petits amas de goethite.

Ainsi, dans le Var, le contact mur bauxite se fait par l'intermédiaire d'une zone kaolinique, ferrique ou non, dont l'épaisseur peut varier de 1 cm à plusieurs mètres.

3° BAUXITES DE L'HÉRAULT

Les échantillons examinés proviennent de la région située à l'ouest de Montpellier. Nous les étudierons dans l'ordre suivant : ceux de Bédarieux et de Carlencas au nord, plus au sud ceux de S-Chinian, Pierrerue, Cazouls-les-Béziers, enfin à l'est ceux de St-Paul et Valmalle et de Villeveyrac.

A. Région de Bédarieux-Carlencas

Dans le gisement de Bédarieux, les bauxites reposent sur un mur de dolomie à chailles du jurassique moyen et, occasionnellement, de l'infralias (E. Roch 1959, p. 21) ; on y observe des imprégnations de manganèse. Le toit est un grès de l'éocène inférieur. Suivant la couleur de la pâte, on peut répartir les bauxites en deux groupes : les blanches, plus ou moins veinées de rose, et les rouges, dont la teinte va jusqu'au brique sombre. Les unes et les autres renferment des pisolites blancs et brun rouge foncé.

a) Bauxite blanche dense de Bédarieux

Sa courbe thermique différentielle est caractérisée par trois crochets endothermiques ; à 480°, 680° et 900° ; on note un accident exothermique vers 1 025°. Cette courbe traduit la présence de boehmite et de kaolinite. Le diagramme thermopondéral montre que la perte de poids débute seulement vers 300° ; elle atteint 1 % à 400° ; entre 400° et 600° s'opère un important dégagement d'eau qui représente 14 % et correspond à la déshydratation de la boehmite et de la kaolinite ; au-delà de 600°, il se dégage encore 1 % d'eau.

Le constituant essentiel est la boehmite, mais le diagramme de rayons X et le spectre infrarouge manifestent la présence de kaolinite et de diaspore. Les résultats de l'analyse chimique sont groupés ci-dessous :

Source : MNHN, Paris

SiO^2	1,7
Al^2O^3	79,4
Fe^2O^3	—
FeO	—
TiO^2	1
MnO	—
CaO	1,3
MgO	0,3
H^2O —	—
H^2O ±	15,9
	99,6

Ils permettent de calculer 92,5 % de boehmite, 3 % de kaolinite, 1 % de phyllite à 14 Å et 1 % de TiO^2.

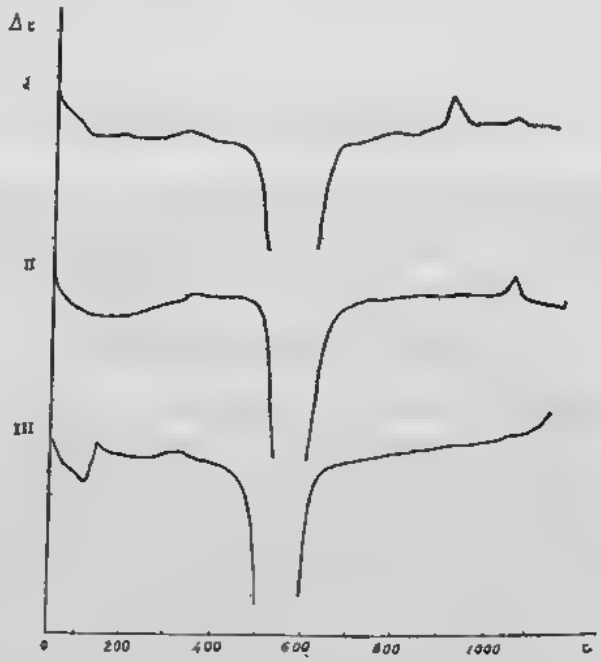


FIG. 14. — Courbes thermiques différentielles des bauxites blanches de Carlencas (Hérault).

b) BAUXITES BLANCHES DE CARLENCAS, NORD DU BOIS DE LEVAS (*)

Quelques échantillons provenant de Carlencas, quoique recueillis dans le même gisement, présentent des différences de composition minéralogiques nettement mises en évidence par la figure 14. Le N° 6 est un mélange de boehmite et de kaolinite (courbe I). La courbe II correspond à la bauxite N° 8 qui est encore essentiellement formée par de la boehmite associée à

(*) Les 13 échantillons de Carlencas nous ont été donnés par M. B. GÈZE, que nous tenons à remercier ici.

Source : MNHN, Paris

un peu de kaolinite ; quant à l'échantillon N° 7 il ne contient pratiquement que de l'hydroxyde (courbe III).

L'étude thermopondérale (fig. 15) indique que tous sont dépourvus d'eau hygroscopique, ce qui exclut la présence de gels. D'autre part, entre 250° et 350°, ils ne subissent aucune perte de poids, ce qui prouve l'absence de gibbsite. Par contre, leur déshydratation s'opère à partir de 375° et dans tous les cas la perte de poids s'élève à 14 %. Les échantillons 6 et 8 contiennent environ de 80 à 90 % de boehmite.

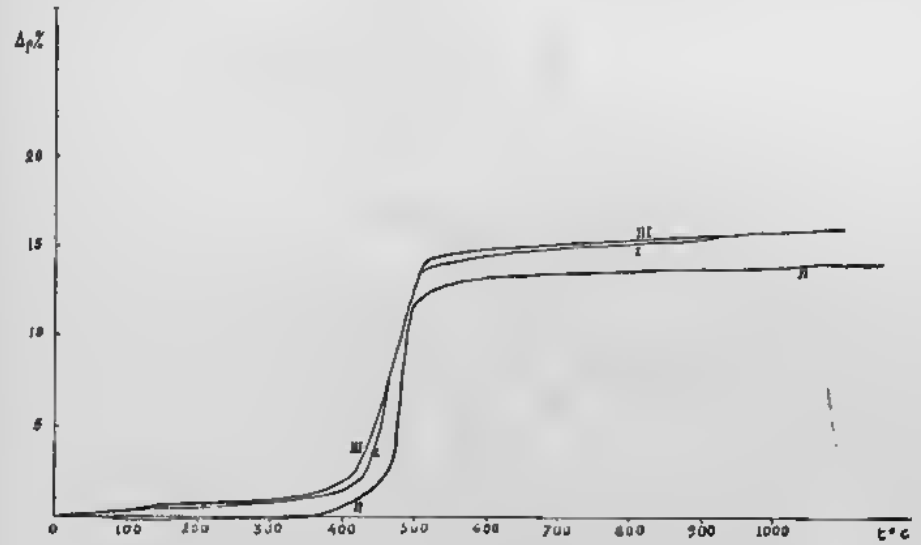


FIG. 15. — Courbes thermopondérales des bauxites blanches de Carlencas (Hérault).

L'étude à l'aide des rayons X montre que les échantillons N° 6 et 7 renferment comme minéral accessoire une phyllite à 14 Å dont la première réflexion est faible et diffuse. Quant au N° 8, il est formé par de la boehmite à laquelle s'ajoutent de la kaolinite et des traces de phyllite à 14 Å. L'examen à l'aide de l'infrarouge confirme la présence de boehmite et de kaolinite (fig. 16). Enfin les résultats de l'analyse chimique des N° 6 et 8 sont placés ci-dessous :

	N° 6		N° 8
SiO^2	1,5		3,6
Al^2O^3	79,5		72,8
Fe^2O^3	—		5,5
FeO	—		0,7
TiO^2	—		0,2
CaO	1,5		2,5
MgO	1,0		0,7
H^2O —	1,0		14,5
±	15,0		
	99,5		100,5

Source : MNHN, Paris

L'interprétation de l'analyse N° 6 permet de conclure à la présence d'environ 93 % de boehmite à laquelle s'ajoutent 6 % d'un silicate phylliteux à 14 Å. Quant à l'échantillon N° 8, il est formé de 88 % de boehmite légèrement ferrifère, dont 82 % de AlOOH et 6 % de FeOOH ; le reste, soit 10 %, est constitué par de la kaolinite et une phyllite à 14 Å.

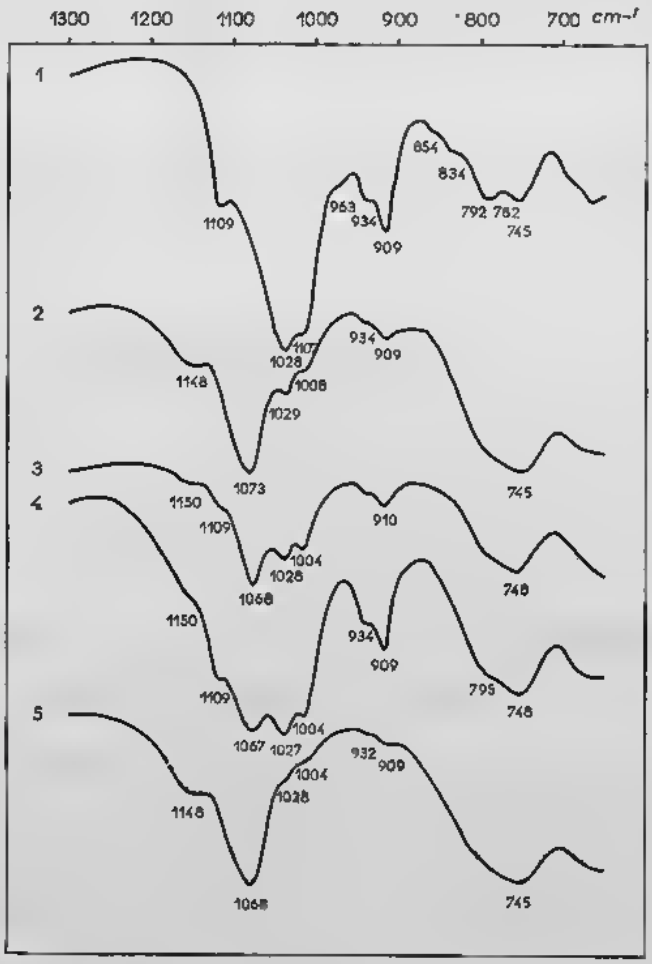


FIG. 16. — Spectres infrarouges de bauxites blanches de l'Hérault. — 1, *Cazouls-les-Béziers* : Pm 1035. — 2, *Bédarieux* : b. blanche dense. — 3 et 4, *Bédarieux* : b. blanche pisolitique ; 3, Pisolite brun rouge ; 4, Pâte blanche. — 5, *Carlencas* : G-7.

c) Bauxite pisolitique de Bédarieux

L'étude thermique, effectuée sur un fragment de roche broyée, révèle la présence de boehmite associée à la kaolinite. En outre, l'examen fait à l'aide des rayons infrarouges montre que la pâte blanche est formée par

Source : MNHN, Paris

de la kaolinite et de la boehmite en quantités sensiblement égales et que les pisolites brun rouge sont beaucoup plus riches en boehmite ferrifère.

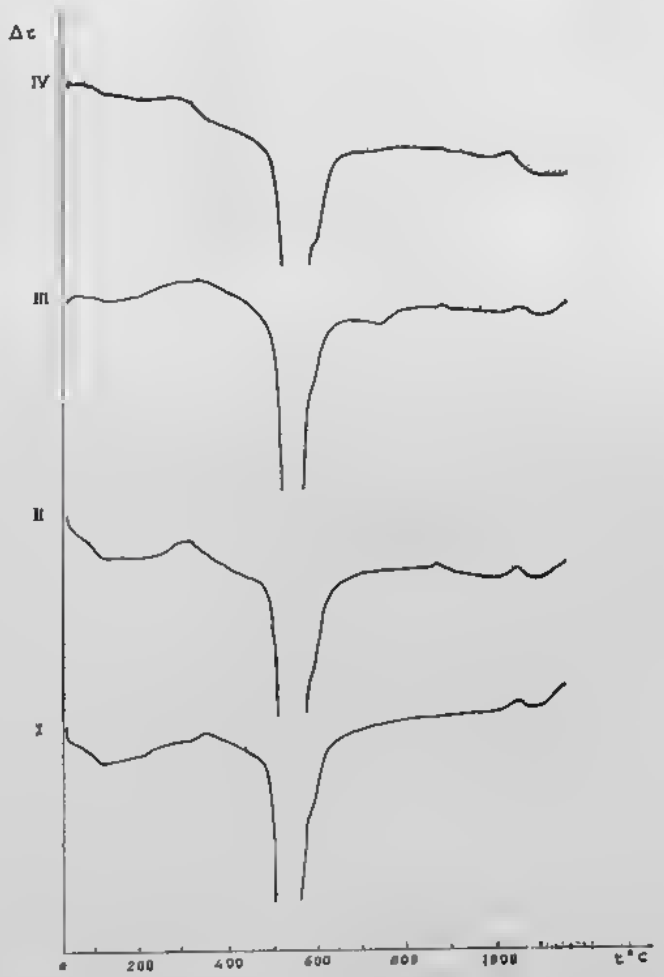


FIG. 17. — Courbes thermiques différentielles des bauxites rouges de Bédarieux (Hérault).

d) Bauxites rouges de Bédarieux

Les bauxites rouges sont plus abondantes que les blanches. Nous les examinerons maintenant. Il s'agit de quatre échantillons de Bédarieux dont un, assez spécial, non pisolitique, d'une teinte brique uniforme, désigné « rouge dense », et d'une série de bauxites recueillies à Carlencas au nord du bois de Levas.

Source : MNHN, Paris

α Bauxites pisolitiques.

Étant donné l'analogie des trois échantillons pisolitiques considérons-les simultanément.

Les courbes thermiques différentielles sont caractérisées par plusieurs crochets endothermiques. Le premier, faible, débute vers 350°, le second, très grand, vers 480°, puis des inflexions à peine indiquées se placent vers 600° ; enfin on remarque deux phénomènes exothermiques, le premier à 850°, le second mieux marqué vers 1 000°. Ces courbes traduisent essentiellement la présence d'un hydroxyde d'aluminium, boehmite ou diaspore (courbes II, III, IV, fig. 17). Les diagrammes de rayons X, tous iden-

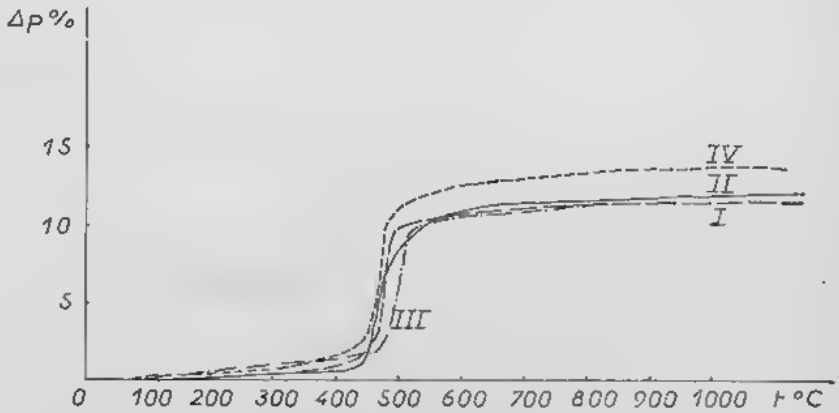


FIG. 18. — Courbes thermopondérales des bauxites rouges de Bédarieux (Hérault).

tiques, permettent de préciser qu'il s'agit de la boehmite. Il faut noter, toujours en petite quantité, la présence d'une phyllite à 14 Å mise en évidence par un halo faible et flou. L'étude thermopondérale (courbe I, II, III, fig. 18) montre la grande analogie des échantillons, ils perdent tous leur eau en une seule fois, elle représente 11 à 12 % et se dégage dans l'intervalle de 450° à 600°.

Notons encore l'absence de gels, ceux-ci en effet feraient apparaître une importante perte d'eau faiblement liée qui se dégagerait au-dessous de 200°. Remarquons aussi l'absence d'hydroxydes de fer cristallisés, goethite et lépidocrocite, ces deux minéraux perdant leur eau entre 250° et 350°.

Le fer, certainement présent dans ces échantillons étant donné leur coloration, ne peut donc se trouver à l'état d'hydroxyde ; cependant l'analyse chimique fait apparaître 25 % de Fe^2O^3 ainsi que le montrent les résultats ci-dessous :

Source : MNHN, Paris

	Gi 7456 (1)	Gi 7457 (2)	Gi 7458 (3)
SiO^2	2,10	3,13	2,35
Al^2O^3	58,00	57,30	56,00
Fe^2O^3	24,80	24,50	25,30
FeO	0,25	0,25	0,20
MnO	0,20	0,30	0,20
MgO	0,30	0,15	1,00
CaO	0,40	0,20	0,60
TiO^2	1,90	1,80	1,90
P^2O^5	0,15	0,15	0,15
H^2O —	0,35	0,38	0,27
±	12,00	12,25	12,60
	100,45	100,41	100,57

De toute évidence, le fer n'est pas présent à l'état de silicate. Afin de rechercher s'il peut se trouver à l'état d'hématite, des sections polies ont été taillées. Examinées au microscope polarisant en lumière réfléchie, elles ont confirmé la présence de ce minéral en relativement faible quantité, qui ne peut certainement pas suffire à interpréter tout l'oxyde ferrique révélé par l'analyse chimique. Après chauffage á 600°, c'est-à-dire immédiatement après la destruction de la boehmite, un diagramme de rayons X montre les raies de l'hématite et de l'anatase. Remarquons que ces deux minéraux ne peuvent être détectés par l'étude dans l'infrarouge, car ils ne présentent aucune bande d'absorption dans la zone explorée. En lame mince, la pâte, constituant essentiel de ces bauxites, apparaît formée par une substance homogène et transparente, et ce n'est que très exceptionnellement que l'on reconnaît des zones opaques d'hématite.

Dans l'interprétation minéralogique de l'analyse chimique, si l'on fait intervenir uniquement l'alumine pour faire la boehmite, comme il serait normal, on trouve un notable excès d'eau. Par contre l'eau est utilisée en totalité si l'on admet que la majeure partie du fer ferrique est dissimulée dans le réseau de la boehmite. Dans ce cas, le fer est présent à raison de 1 atome de fer pour 6 d'aluminium. Les compositions minéralogiques de ces trois échantillons sont très constantes ainsi que le montre le tableau suivant :

	(1)	(2)	(3)
Boehmite ferrifère	86	83	87
Hématite	9	10	6
Anatase	2	2	2
Pseudochlorite	3	5	4
	100	100	99

β) Bauxite rouge dense.

Cet échantillon, d'un faciès très différent du précédent, donne une courbe thermique différentielle caractérisée par un crochet endothermique vers 450° présentant une inflexion à 500°, un accident également endother-

Source : MNHN, Paris

mique vers 600° et deux phénomènes exothermiques à 850° et 1 000° (courbe I, fig. 17).

L'étude thermopondérale (courbe IV, fig. 18) met en évidence une perte d'eau de 13,5 % qui s'opère de la façon suivante : 1 % jusqu'à 375°, 12 % entre 375° et 700°, 0,5 % au-delà de 700°.

Le diagramme des rayons X présente les raies de la boehmite, quelques réflexions de la kaolinite et une raie à 14 Å.

Comme dans le cas des autres bauxites de Bédarieux, la teneur en fer est importante, ainsi que le montrent les résultats de l'analyse chimique placés ci-dessous :

SiO^2	5,5
Al^2O^3	30,4
Fe^2O^3	47
CaO	1,9
MgO	1,1
H^2O —	1
+	12,6
	99,5

Ils peuvent s'interpréter de la façon suivante :

Kaolinite	9
Boehmite ferrifère	87
Pseudochlorite	3
H^2O —	1

Le constituant essentiel est ici encore une boehmite ferrifère, mais la teneur en fer est telle qu'il existe dans ce minéral environ 1 atome de fer pour un atome d'aluminium, ce qui est considérable, d'autant plus que le diagramme de Debye et Scherrer ne traduit aucune déformation notable du réseau de l'hydroxyde d'alumine avec l'appareillage utilisé.

e) Bauxites rouges de Carlencas

Dans le gîte de Carlencas, il a été recueilli des bauxites rouges ; cinq d'entre elles ont une composition minéralogique mise en évidence par la figure 19.

Il s'agit, dans le cas de l'échantillon N° 2 (courbe V), de boehmite associée à une petite quantité de kaolinite. La teneur en kaolinite devient notable dans l'échantillon N° 5 (courbe IV) et plus importante encore dans l'échantillon N° 9 (courbe III). La boehmite est d'ailleurs localisée dans les oolithes, une courbe faite uniquement avec la pâte (courbe II) présente seulement les deux accidents de la phyllite. L'échantillon N° 12 ne contient, dans son ensemble, pâte et pisolites, que de la kaolinite (courbe I). Signalons enfin que l'échantillon N° 11 (courbe VI) est formé par un mélange : il s'agit, d'après les résultats de l'étude thermique, de kaolinite associée à de la goethite ou à de la gibbsite, ces derniers minéraux étant mis en évidence par l'inflexion endothermique située vers 350°. Les courbes thermopondérales permettent de chiffrer l'importance des départs d'eau correspondant à la kaolinite et aux hydroxydes, boehmite et gibbsite.

Source : MNHN, Paris

Les résultats de l'étude aux rayons X confirment le diagnostic fait à l'aide des études thermiques. Les diagrammes de l'échantillon N° 2 mettent

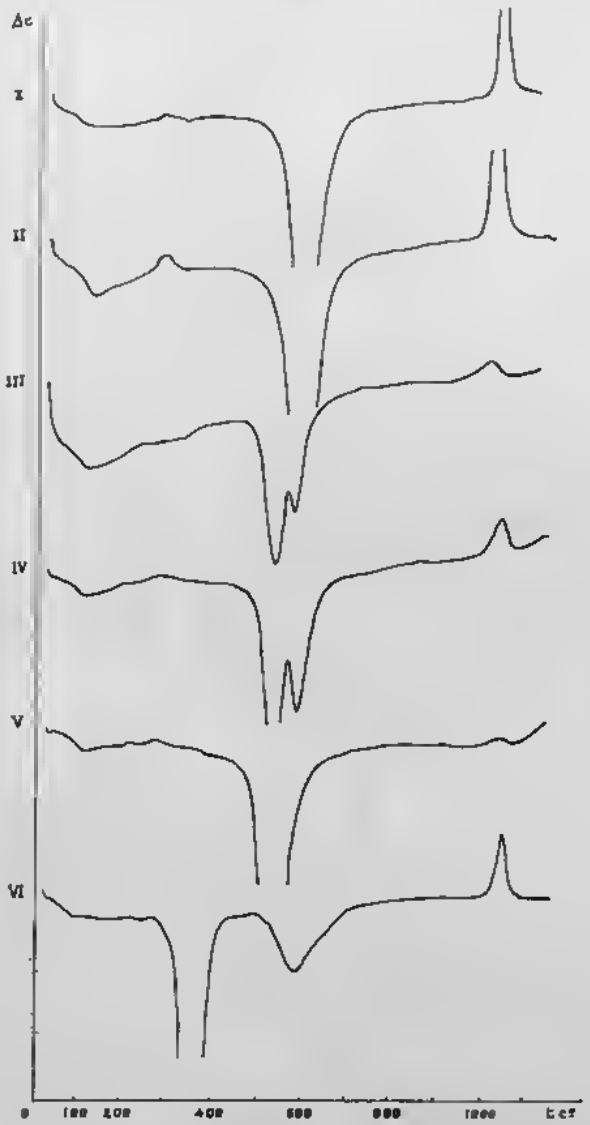


FIG. 19. — Courbes thermiques différentielles des bauxites rouges de Carlencas (Hérault).

en évidence la boehmite avec un peu de kaolinite. Dans ceux du N° 5 on observe, outre ces deux minéraux, les raies de l'hématite. Le N° 9 correspond encore à un mélange de boehmite et de kaolinite, cette dernière domi-

Source : MNHN, Paris

nant dans la pâte. Quant à l'échantillon N° 12, toutes les raies de son diagramme s'identifient à celles de la kaolinite. Signalons enfin que le N° 11

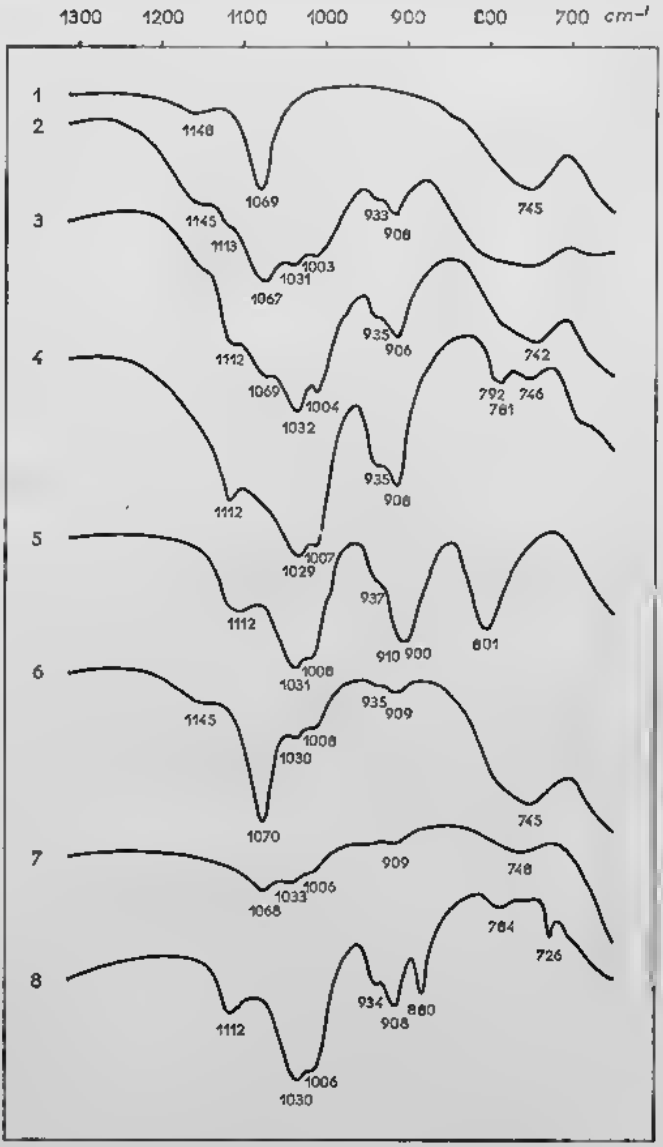


FIG. 20. — Spectres infrarouges des bauxites rouges de l'Hérault. — G-5 : 1, Pisolites ; 2, Pâte. — G-9 : 3, Pâte. — G-11 : 4, Pâte ; 5, Zone renfermant de la gœthite. — G-1 : 6, Pâte rouge ; 7, Pisolite brun rouge ; 8, Zone dolomitique au contact.

renferme de la kaolinite associée à de la goethite et à des traces de gibbsite. C'est la seule bauxite de la région de Bédarieux qui contienne de la goethite

Source : MNHN, Paris

comme minéral essentiel. L'étude à l'aide des rayons infrarouges aboutit aux mêmes conclusions (fig. 20).

Les résultats de l'analyse chimique de ces échantillons sont résumés ci-dessous :

	N° 2	N° 5	N° 9	N° 12	N° 11
SiO^2	2,8	7,85	7,1	35,7	5,6
Al^2O^3	59,3	54,7	30,9	38,6	5,4
Fe^2O^3	21,9	21,9	47,9	8,2	72,4
FeO	—	1,5	0,6	0,55	1,1
CaO	1,0	2,0	1,9	3,0	1,7
MgO	0,3	0,3	1,8	1,0	1,6
TiO^2	—	0,25	0,4	0,15	0,4
H^2O ±	13,95	11,0	9,7	12,30	12,0
	99,25	99,50	100,30	99,50	100,2

Dans le tableau suivant, on trouvera en % les compositions minéralogiques correspondantes :

	N° 2		N° 5	N° 9		N° 12	N° 11
Kaolinite	6		16	15,5		78	12
AlO.OH	67,5	93,8	57	29,2	60,7	7	
Boehmite							—
FeO.OH	26.3			31,5		—	
Fe^2O^3	—		22	20		8	—
FeO	—		1,5	0,6		0,55	1,1
TiO^2	—		0,25	0,4		0,15	0,4
Goethite	—		—	—		—	82
Gibbsite	—		—	—		—	1
	99,8		96,75	97,2		93,70	96,5

Ces résultats montrent que le N° 2 est formé, comme l'avaient laissé prévoir les différentes techniques, par de la boehmite, mais il s'agit d'une variété ferrifère associée à 6 % de kaolinite. Les deux échantillons suivants (N° 5 et 9) présentent des analogies : ils renferment une teneur plus notable en kaolinite, 16 % environ, et sensiblement 20 % d'hématite. Ces minéraux sont associés, dans le cas du N° 5, à une boehmite purement alumineuse, le fer restant uniquement à l'état d'oxyde ; par contre, l'échantillon N° 9, dans lequel la teneur en boehmite est du même ordre de grandeur, renferme une variété ferrifère. Le N° 12 est une kaolinite dont la coloration est due à la présence d'hématite. Quant au N° 11, il est formé par de la goethite et de la kaolinite ; il s'agit probablement d'un fragment de bauxite remanié.

Les échantillons N° 3, 4, 10 et 13, ont été surtout étudiés dans l'infrarouge ; on trouvera leur analyse dans le tableau récapitulatif p. 213. Signalons la présence de gibbsite dans le N° 3.

Source : MNHN, Paris

f) Échantillon de bauxite recueilli au contact de la dolomie jurassique

Cette bauxite à pâte rouge contient des pisolites brun foncé de taille variable, et quelques pisolites d'un blanc pur (planche V B).

Au-dessous du contact, on trouve tout d'abord une bande irrégulière beige rosée oolithique, puis la partie dolomitique ; celle-ci, grise dans l'ensemble, est constituée par une masse blanchâtre dans laquelle on distingue de petits galets crème translucides. Elle est parcourue par des dendrites de bioxyde de manganèse. Il y a, entre les deux bandes en contact, continuité de texture malgré la différence de couleur.

Un examen de détail effectué à l'aide des rayons infrarouges montre que la pâte rouge de la bauxite est formée de boehmite ferrifère contenant une petite quantité de kaolinite. Les pisolites brun foncé, riches en hématite, renferment un peu de boehmite et de kaolinite, et, certains d'entre eux, des traces de diaspore ferrifère. Les nodules blancs de la bauxite, ainsi que la bande beige rosé oolithique formant le mur sont en kaolinite pure. Enfin, les galets crème de la couche grise sont dolomitiques, alors que le ciment est kaolinique (fig. 20, courbes 6, 7 et 8). Le bioxyde de manganèse se serait déposé dans la zone carbonatée et de là aurait pénétré et même traversé la bande purement kaolinique.

En résumé, sur la dolomie profondément altérée, puisqu'il n'en subsiste que de petits noyaux épars cimentés par la kaolinite, s'est déposée une mince bande de kaolinite pure. Au-dessus, la bauxite rouge, constituée par une pâte de boehmite et de kaolinite, renferme des pisolites riches en hématite avec parfois du diaspore.

B. Région de St-Chinian, Pierrerue, Cazouls

a) Bauxite de St-Chinian, Pm 1045

Cet échantillon, d'une teinte beige clair, est presque dépourvu de concrétions. La courbe thermique différentielle est caractérisée par des crochets endothermiques : le premier très important à 450°, le deuxième et le troisième à peine marqués vers 700° et 850°. Notons également la présence d'un phénomène exothermique bien développé vers 1 000°. Les accidents vers 450° et 1 000° traduisent probablement la présence de la kaolinite ; les deux autres inflexions sont plus difficiles à interpréter.

L'étude thermopondérale (courbe I, fig. 21) met en évidence une seule perte de poids d'environ 13 %, se produisant entre 350° et 650°. Si on admet qu'elle correspond uniquement à la déshydratation de la kaolinite, ce minéral serait présent pour environ 94 %. Le spectre infrarouge est celui de la kaolinite associée à quelques % de boehmite.

Le diagramme de rayons X montre, très bien marquées, les réfléxions de la kaolinite, constituant principal, auxquelles s'ajoutent celles de la boehmite et d'une phyllite à 14 Å ; ce minéral présente par immersion dans le glycérol un gonflement intrastructural, mais est stable au chauffage

Source : MNHN, Paris

jusqu'à une température de 500° ; un tel comportement caractérise une pseudochlorite.

L'analyse chimique donne les résultats suivants :

SiO^2	42,5
Al^2O^3	39,0
TiO^2	1,5
CaO	1,2
MgO	1,3
$H^2O \pm$	14,0
	99,5

La totalité du silicium ne pouvant être exprimée qu'à l'état de silicate, il semble que l'on puisse calculer en % :

Kaolinite	88
Boehmite	4
TiO^2	1,5
Pseudochlorite	6
	99,5

La teneur en kaolinite est plus faible que la quantité calculée à partir de l'étude thermopondérale, cette méthode ne permettant pas de répartir l'eau entre la kaolinite, la boehmite et la pseudochlorite.

En résumé, la bauxite de St-Chinian est certainement un accident kaolinique où la phyllite à 7 Å est associée à quelques % de pseudochlorite, de boehmite et de TiO^2 qui doit se trouver à l'état d'anatase.

b) Bauxites de Pierrerue

Dans ce gisement, nous avons examiné trois échantillons recueillis par M. l'abbé A. F. de Lapparent, l'un tigré N° 4, l'autre rouge N° 5 et le troisième rose et pisolitique.

N° 4 tigré.

L'échantillon tigré à pisolites bruns comporte des parties beiges et des parties violacées. L'ensemble des méthodes utilisées montre que la roche est formée presque entièrement par la kaolinite à laquelle s'ajoute de l'hématite dans les zones foncées.

L'étude thermopondérale permet d'évaluer à environ 90 % la teneur en kaolinite. L'analyse chimique a donné les résultats :

SiO^2	40,3
Al^2O^3	28,3
Fe^2O^3	11,1
TiO^2	2,6
CaO	1,8
MgO	1,4
Perte au feu	14,0
	99,5

Source : MNHN, Paris

dont l'interprétation minéralogique est la suivante :

Kaolinite	86
Hématite	5
TiO^2	2,6
H^2O —	1
	94,6

N° 5 rouge.

Cet échantillon homogène d'une couleur chocolat a été recueilli dans le fond d'une poche. Il a sensiblement la même teneur en kaolinite que le précédent, soit 90 % environ. Sa coloration est due encore à l'hématite.

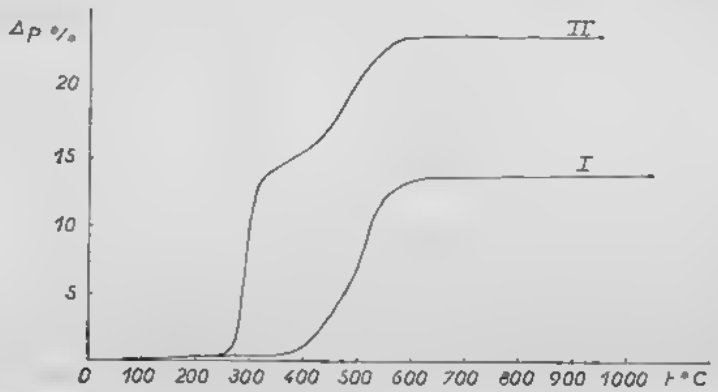


FIG. 21. — Courbes thermopondérales des bauxites : I, de St-Chinian ; II, de Cazouls-les-Béziers.

N° 6. Bauxite rose, pisolitique, blanchie au toit.

Il s'agit d'une roche boehmitique dans l'ensemble ; la partie gris clair, au toit, étant kaolinique. Les pisolites, comme la pâte, sont boehmitiques ; dans certains d'entre eux, clairs, on trouve un peu de diaspore, les foncés sont très riches en hématite. Localement apparaissent de petites zones formées, en parties sensiblement égales, de boehmite et de kaolinite.

Les échantillons de Pierrerue sont donc riches en kaolinite à l'exception du N° 6, surtout boehmitique ; notons que le toit de cette bauxite rose est encore kaolinique.

c) Cazouls-les-Béziers, Pm 1035

Cet échantillon veiné de rose renferme de petits pisolites blanc crème et rouges.

La courbe thermique différentielle met en évidence un grand crochet endothermique vers 280°, correspondant à la déshydratation de la gibbsite. Elle présente en outre un crochet très important à 500°, un phénomène exothermique vers 1 030° ; ces deux derniers accidents révèlent la présence

Source : MNHN, Paris

de la kaolinite. Signalons enfin une petite inflexion endothermique vers 700°.

L'étude thermopondérale (courbe II, fig. 21) montre deux départs d'eau : l'un d'environ 15 % se produisant entre 250° et 350°, dû à la déshydratation de la gibbsite, l'autre de 9 % à 450° attribuable à la kaolinite. En se basant sur l'importance de ces pertes de poids, on peut évaluer à environ 45 % la teneur en trihydrate et à 50 % celle en kaolinite.

Le spectre infrarouge met surtout en évidence la kaolinite, mais deux faibles bandes à 634 et 965 cm-1 signalent la présence de la gibbsite ; la boehmite n'est pas visible. L'étude à l'aide des rayons X révèle, outre les deux minéraux essentiels, la présence d'une pseudochlorite, responsable probablement de la petite inflexion endothermique à 700° sur la courbe thermique différentielle.

L'analyse chimique donne les résultats suivants :

SiO^2	18,1
Al^2O^3	53,5
TiO^2	1,5
CaO	1,6
MgO	0,8
$H^2O \pm$	24,5
	100,0

Ceux-ci permettent de penser que la bauxite de Cazouls a la composition ci-dessous, exprimée en % :

Kaolinite	39
Gibbsite	55
TiO^2	1,5
Pseudochlorite	4
	99,5

Cette bauxite est donc formée de gibbsite et de kaolinite ; à ces deux constituants principaux s'ajoutent l'oxyde de titane et une phyllite à 14 Å.

Un autre échantillon d'un gisement voisin, prélevé sur la route de Cazedarnes, blanc à l'extérieur et d'une teinte brique foncé à l'intérieur avec quelques petits nodules bruns, nous a été procuré par M. l'abbé DE LAPPARENT. D'après l'étude minéralogique, il est constitué essentiellement par la kaolinite, que l'on peut évaluer à 73 %. Le silicate est associé à 22 % de gibbsite et à 5 % de boehmite.

Remarquons que ces deux bauxites de Cazouls renferment de la gibbsite comme constituant important, de 22 à 55 % suivant les prélèvements.

C. Région de St-Paul et Valmalle et de Villeveyrac

a) St-Paul et Valmalle

Cette bauxite, d'une couleur brique foncé, renferme quelques pisolites noirs riches en hématite. Elle contient, comme celle de Cazouls, une quantité

Source : MNHN, Paris

notable de gibbsite, de l'ordre de 30 %. Les autres constituants sont la boehmite et la kaolinite.

L'analyse chimique a donné les résultats regroupés ci-dessous :

SiO^2	2,1
Al^2O^3	47,8
Fe^2O^3	24,35
TiO^2	1,85
CaO	0,6
MgO	1,8
Perte au feu	21,2
	99,70

qui montrent que la kaolinite représente moins de 5 % de l'échantillon, localisée en partie dans des pisolites.

b) Villeveyrac

Bauxite de Villeveyrac.

Cette bauxite à pâte rose et pisolites brun foncé donne par broyage une poudre rouge dans laquelle les différentes méthodes d'étude mettent en évidence une quantité très importante de boehmite ferrifère. L'analyse chimique a fourni les résultats suivants :

SiO^2	3,8
Al^2O^3	43
Fe^2O^3	35,7
CaO	1,1
MgO	1,8
TiO^2	0,8
$H^2O \pm$	13,1
	99,3

dont on peut déduire la composition minéralogique :

Kaolinite	8
AlO OH	47
FeO OH	40
TiO^2	0,8
H^2O	1
	96,8

En outre, l'étude à l'infrarouge et aux rayons X met en évidence la présence d'hématite dans certains pisolites et des traces de diaspore dans la pâte.

Bauxite de St-Ferréol (Bassin de Villeveyrac).

Cette bauxite claire présente, dans ses parties roses comme dans les zones blanches, un mélange de boehmite et de kaolinite, en général en proportions sensiblement égales.

Source : MNHN, Paris

***

En résumé, les bauxites blanches, à part quelques masses kaoliniques (1045) sont généralement formées de boehmite. La gibbsite n'a été trouvée en quantité notable que dans les échantillons de Cazouls-les-Béziers et de St-Paul et Valmalle.

Quant aux bauxites rouges, elles renferment les mêmes constituants mais sont, dans l'ensemble, plus kaoliniques. Signalons en particulier l'échantillon de Carlencas (N° 12), qui, quoique de couleur rouge, contient ce silicate comme constituant dominant. L'hématite est le plus souvent localisée dans les pisolites ; dans le N° 9 de Carlencas, on observe de petits galets formés uniquement de ce minéral.

Aucun échantillon de cette région ne renferme de diaspore en quantité importante, et, seul, le N° 11 de Carlencas a révélé la présence de goethite qui paraît tout à fait accidentelle.

Dans l'Hérault, c'est la boehmite qui domine, alumineuse dans les blanches, ferrifère dans les rouges, pisolites et pâte ont une composition analogue, l'aspect macroscopique est relativement homogène, ce qui tendrait à prouver que tout a pris naissance dans des conditions de temps et de lieu assez voisines. Cependant, comme partout ailleurs, le fer est surtout abondant dans les pisolites où il est présent à l'état d'hématite.

A Carlencas, l'étude du mur au contact de la bauxite a montré que la dolomie très corrodée est réduite à l'état de grains noyés dans un ciment de kaolinite ; sur cette zone s'observe le même silicate pur, puis la bauxite proprement dite, formée d'une boehmite ferrifère associée à très peu de kaolinite.

Notons que l'étude du toit de l'échantillon de Pierrerue a permis de constater que la bauxite est recouverte par un dépôt de kaolin ; il semble donc que la formation a commencé et s'est achevée par un épisode argileux. Entre ces deux phases silicatées extrêmes se situerait le dépôt riche en hydroxyde.

4° BAUXITES DE L'ARIÈGE

On rencontre autour de Foix des bauxites qui forment une série d'affleurements allant de Lescure, à l'Ouest, à Péreille, à l'Est. Nous étudierons des échantillons provenant de la région ouest, recueillis dans les gîtes de Cos, Unjat, la Bastide-de-Sérou, Castelnau-Durban et Lescure.

Dans la région Est, nos matériaux proviennent des alentours de Péreille. Ces bauxites reposent sur des dolomies jurassiques et le toit est formé par des calcaires urgo-aptiens. A Péreille, la bauxite est recouverte par un banc de 60 cm d'argiles chargées de lignite et renfermant des fossiles d'eau douce.

Source : MNHN, Paris

A. Bauxites de la région à l'Ouest de Foix

a) Cos. Gi 4476

L'échantillon de Cos est une bauxite rougeâtre pisolitique. L'analyse thermique (courbe I, fig. 22) met en évidence des inflexions endothermiques vers 270°, 420° et 530° qui semblent caractériser un mélange de diaspore et de boehmite avec un peu de gibbsite.

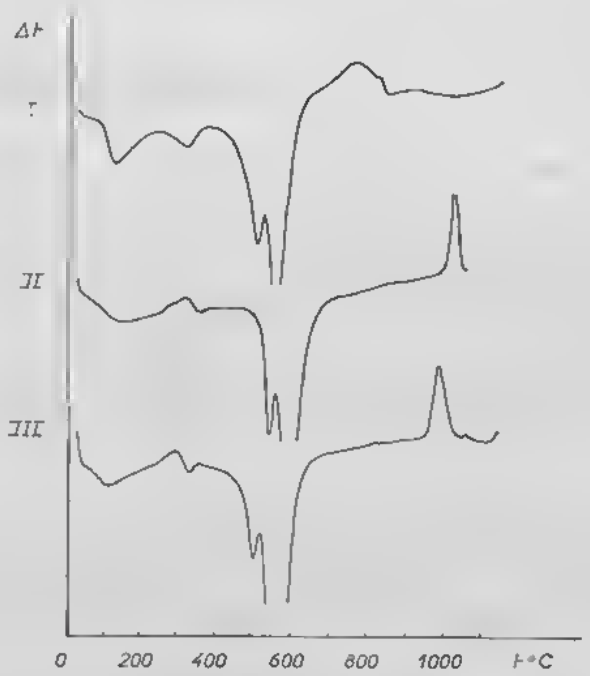


FIG. 22. — Courbes thermiques différentielles des bauxites de la région à l'W de Foix (Ariège) : I, Cos ; II, Lescure ; III, La Bastide de Sérou.

La courbe thermopondérale montre que la première perte de poids est d'environ 3 % ce qui permet d'évaluer à 9 % la teneur en gibbsite. Au-delà de 350° on enregistre une perte de poids de 8,5 %, qu'il est difficile de répartir entre les hydroxydes de formule AlOOH.

L'étude à l'aide des rayons X confirme que les constituants essentiels sont la boehmite et le diaspore, avec des traces de gibbsite, et l'examen aux rayons infrarouges montre que la pâte contient un mélange de diaspore et de boehmite avec, localement, une quantité assez notable de gibbsite. Les pisolites rouges et gris sont presque exclusivement formés de diaspore, vraisemblablement ferrifère.

Source : MNHN, Paris

b) Unjat

La bauxite de Unjat, localité située à 20 km au nord-ouest de Foix est une roche qui rappelle les minerais rouges pisolitiques de l'Hérault.

L'étude thermique différentielle révèle la présence de kaolinite par un accident endothermique à 550° et un phénomène exothermique vers 950° ; elle possède en outre une inflexion importante vers 480° correspondant à la déshydratation des hydroxydes d'alumine, boehmite et diaspore.

L'étude thermopondérale indique que la quantité d'eau s'échappant au-dessous de 300° est de 1,4 %. Entre 300° et 400°, il se dégage 0,6 % d'eau, la perte importante, soit de 12 %, se place entre 400° et 700°.

Les diagrammes de rayons X, exécutés sur la poudre globale, montrent, bien marquées, les réflexions de la boehmite et du diaspore ; on observe également, à peine indiquées, les raies de la kaolinite. Le spectre d'absorption infrarouge conduit aux mêmes conclusions.

Les résultats de l'analyse chimique figurent ci-dessous :

SiO^2	10,0
Al^2O^3	54,0
Fe^2O^3	17,6
CaO	2,2
MgO	1,5
TiO^2	1,0
$H^2O \pm$	14,3
	100,6

En fonction des résultats obtenus par les autres méthodes, ils peuvent s'interpréter de la façon suivante :

Kaolinite		21,5
Boehmite et Diaspore	AlO OH	53,5
ferrifères	FeO OH	20,0
TiO^2		1,0
H^2O —		1,5
		97,5

Il faut noter que l'hydrate d'alumine de forme AlOOH correspond ici encore au mélange diaspore-boehmite, sans qu'il soit possible de préciser la teneur en chacun de ces minéraux. Il n'est pas possible non plus d'indiquer dans quel minéral s'opère la substitution Fe-Al et quelle en est l'importance.

Afin de déterminer la nature minéralogique de la pâte et celle des pisolites, une étude de détail a été faite à l'aide du rayonnement infrarouge et des rayons X. La pâte, formée surtout de kaolinite, contient de la boehmite et du diaspore, peu ferrifères. Par contre, certains pisolites rose foncé montrant des couches concentriques sont constitués par du diaspore plus ou moins ferrifère selon les zones ; ils contiennent également des quantités variables de boehmite. D'autres pisolites rouge brique foncé, dont l'intérieur est semi-pulvérulent, donnent un spectre de kaolinite contenant un peu de boehmite et de diaspore ferrifères.

Source : MNHN, Paris

En résumé, la bauxite de Unjat est formée essentiellement par des hydroxydes d'aluminium, boehmite et diaspore plus ou moins ferrifères, associés à de la kaolinite. Remarquons que le diaspore semble dominant. Comme c'est généralement le cas, la pâte est assez homogène, surtout kaolinique et peu ferrifère, tandis que les pisolites sont plus ferrifères, plus riches en hydroxydes d'alumine ; ils montrent une variation de composition suivant leurs différentes zones concentriques.

c) La Bastide-de-Sérou

De ce gisement, nous avons eu plusieurs échantillons (Gi 4477) : l'un est rose pâle, l'autre orangé, le troisième blanc à pisolites ; ce dernier appartient à la collection de M. l'abbé de Lapparent.

L'échantillon rose donne une courbe thermique (courbe III, fig. 22) caractérisée par deux crochets endothermiques, l'un faible vers 300°, l'autre plus important à 450°, dédoublé vers 530°, et par un grand phénomène exothermique à 950°. Il semble que l'on soit en présence d'un mélange de boehmite et de kaolinite, avec peut-être une trace de gibbsite.

L'étude thermopondérale fait apparaître une perte de poids de 1 % entre 250° et 350°, de 2,8 % entre 350° et 450°, puis de 7 % entre 450° et 700°, et de 0,6 % au-delà.

Le diagramme de rayons X, effectué sur un prélèvement moyen, est celui de la boehmite. Le spectre infrarouge permet de préciser que la pâte est un mélange de boehmite et de kaolinite, très riche en hydroxyde. Les parties violacées contiendraient un peu de gibbsite et les zones blanches seraient formées exclusivement de boehmite.

L'échantillon rouge orangé présente, en plus des minéraux observés dans la partie claire, du diaspore.

L'échantillon à pâte blanche et pisolites rouges est constitué par un mélange de boehmite, de diaspore et de kaolinite. Les pisolites ne contiennent pas de silicate, mais sont plus riches en diaspore que la pâte.

d) Gorges de l'Arize, au nord de Castelnau-Durban

Cet échantillon rouge très foncé (chocolat) renferme surtout de la kaolinite associée à du diaspore et à un peu de boehmite. Un diagramme de rayons X montre une quantité importante d'hématite dans les pisolites.

e) Durban

Nous avons reçu une série d'échantillons (*) recueillis à quelques kilomètres à l'ouest de Durban. Ils sont désignés : A, B, C, D, E et F. Nous les décrirons en les groupant par couleur. Dans cette région on trouve deux types de bauxites, d'une part des roches à pâte rouge plus ou moins foncée, homogènes ou non, type le plus fréquemment observé ; d'autre part des roches à pâte grise, très chargées en pyrite.

(*) Ils nous ont été donnés par M. Tchimichkian, que nous tenons à remercier ici.

Source : MNHN, Paris

D'après J. DE LAPPARENT, les bauxites rouges seraient à la base du gîte, voisines du mur (formé de dolomies jaunes) et les grises se rencontreraient à la partie supérieure, séparées du toit par des couches riches en lignite et en argiles à débris végétaux. Nous commencerons par l'étude de ces dernières.

Échantillons A et B.

La bauxite A, verdâtre, présente des pisolites de même teinte, mais dont la partie interne est blanchâtre. L'examen à la loupe montre une multitude de points jaunes brillants qui correspondent à la pyrite.

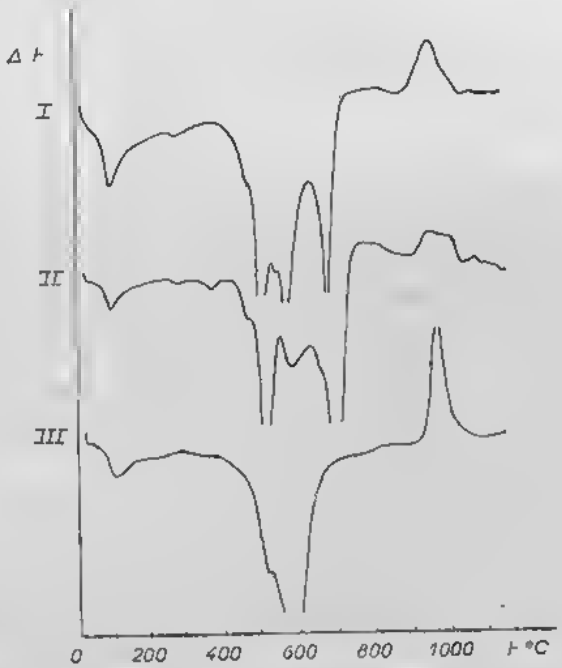


FIG. 23. — Courbes thermiques différentielles des bauxites de Durban (Ariège) : I, Échantillon A, pâte ; II, Échantillon A, pisolites ; III, Échantillon C.

La courbe thermique différentielle de cette roche est extrêmement complexe ; il semble qu'aux accidents endothermiques dus à la dissociation des hydroxydes et peut-être aussi des silicates, se superpose l'oxydation du sulfure, il en résulte une courbe en dents de scie très difficile à interpréter (fig. 23 : la courbe I correspond à la pâte ; la courbe II aux pisolites).

L'étude thermopondérale permet d'enregistrer un diagramme avec de nombreux paliers : entre 0° et 200°, la perte de poids est de 1,8 %, entre 200° et 350°, la diminution de poids est de 0,2 % ; elle devient de 3,8 % entre 350° et 425° ; 2,4 % entre 425° et 475° ; 2,8 % dans l'intervalle 475-500°. Au-delà, le produit perd encore 7,2 %.

Source : MNHN, Paris

Le diagramme de rayons X révèle de très nombreuses réflexions que l'on peut rapporter à un mélange où le diaspore est le minéral dominant. Il est associé à la boehmite et à la kaolinite ; on observe également les raies d'une chlorite stable au chauffage et ne gonflant pas dans le glycérol. D'autre part, l'oxyde de titane paraît bien être présent à l'état d'anatase. L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

SiO^2	17,4
Al^2O^3	52,7
Fe	3,7
TiO^2	0,9
CaO	1,3
MgO	3,0
S	9,5
Perte au feu	12,0
	100,5

dont l'interprétation quantitative est extrêmement délicate. Il semble que l'on puisse l'exprimer de la façon suivante : pyrite 8 % ; TiO^2 0,9 % ; kaolinite 30 % ; AlOOH 44,5 % ; chlorite, environ 10 % et soufre 5 %.

En effet, lorsque on broie ces roches, il s'en dégage une odeur de soufre. De fait, il existe bien dans ces bauxites du soufre libre, minéral dont la raie principale est visible sur certains diagrammes X et qu'on peut, par ailleurs, extraire du broyat de la roche au moyen du benzène.

L'étude à l'aide de l'infrarouge montre que la pâte est formée par un mélange de kaolinite, de diaspore et de boehmite. Les pisolites blanchâtres sont presque exclusivement kaoliniques. Dans les autres, ce minéral s'associe à une quantité notable de pyrite.

En résumé, cette bauxite s'est formée dans un milieu réducteur ; le fer s'y trouve non à l'état ferrique, comme dans les cas étudiés précédemment, mais à l'état ferreux. Les constituants essentiels sont bien typiques des bauxites : hydroxydes d'alumine, diaspore et boehmite, auxquels s'ajoutent de la kaolinite et de la chlorite, mise en évidence par les rayons X et l'analyse chimique.

Une particularité remarquable est la présence du soufre libre, il faut noter également la fréquence des pisolites en kaolinite ou en kaolinite-pyrite. Le silicate argileux a donc précipité dès la formation des concrétions, et les hydroxydes ne se sont produits que lors de l'élaboration du ciment où ils prédominent.

La bauxite B, de même couleur que l'échantillon A, présente des pisolites blancs, beaucoup plus développés et nettement définis. Le diagramme de rayons X indique que la pâte est constituée par un mélange de kaolinite et de diaspore. Il révèle aussi en faible quantité le soufre et l'anatase. Ce diagnostic est confirmé par l'étude dans l'infrarouge qui permet de localiser la kaolinite dans la pâte, les zones foncées étant les plus riches. Les pisolites sont constitués par du diaspore avec des traces de boehmite, les nodules pyriteux contiennent un peu de diaspore.

Source : MNHN, Paris

L'analyse chimique permet de penser que l'échantillon renferme environ 15 % de kaolinite, 30 % de diaspore, 46 % de pyrite, 2 % de TiO^2, du soufre de l'ordre de 1 à 2 % et environ 5 % de chlorite.

Les deux constituants principaux sont ici diaspore et pyrite : cet échantillon s'est formé en milieu très réducteur, le silicate se localise dans le ciment, les pisolites étant surtout formés par le diaspore.

Échantillon C.

Cet échantillon laminé, dépourvu de pisolites, de couleur chocolat, est satiné, talqueux au toucher.

La courbe thermique présente un petit crochet endothermique à 100°, un grand à 420° avec une inflexion vers 550°, ainsi qu'un accident exothermique très marqué à 950° (courbe III, fig. 23). L'étude thermopondérale indique qu'entre 0° et 200° il s'échappe 0,8 % d'eau hygroscopique ; entre 200° et 350° la perte de poids est de 0,4 % ; entre 350° et 450° il se dégage 1,2 % d'eau, et au-delà 9,6 %.

L'examen à l'aide des rayons X et les spectres infrarouges montrent que le constituant principal est la kaolinite associée à de l'hématite et à des traces de boehmite. Quant aux enduits gris clairs, ils sont formés en majeure partie par une chlorite, mise en évidence par une raie à 14 Å sur le diagramme. L'analyse chimique de la roche globale a donné les résultats ci-dessous :

SiO^2	32,9
Al^2O^3	37,7
Fe^2O^3	8,7
TiO^2	1,9
CaO	4,0
MgO	1,1
Perte au feu	13,3
	99,6

qui permettent de penser que la kaolinite représente environ 65% et l'hématite 9 % ; le reste est constitué par de la chlorite associée à quelques % de boehmite.

Échantillon D.

Cette bauxite rouge brique renferme des pisolites de même teinte, emballés dans une coque noire ferrugineuse. La courbe thermique est assez analogue à celle de C, elle présente un crochet à 420° dédoublé vers 550°, elle montre en outre une série de phénomènes exothermiques vers 800°, 900° et 950°. L'étude thermopondérale n'indique pratiquement pas de perte de poids jusqu'à 200° ; entre 200° et 350° elle est de 1 % ; au-delà et jusqu'à 550° elle est de 8 %.

Le diagramme de rayons X de la pâte met en évidence le diaspore, la kaolinite, l'hématite ; une raie à 14 Å révèle une chlorite. Les pisolites sont également riches en diaspore et kaolinite et ont une coque en hématite ;

Source : MNHN, Paris

l'examen à l'aide des rayons infrarouges confirme cette identification. L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

SiO^2	20,5
Al^2O^3	54,5
Fe^2O^3	8,5
FeO	0,8
TiO^2	0,7
CaO	1,1
MgO	2,4
Perte au feu	12,3
	100,8

qui permettent d'évaluer à 44 % la kaolinite et à une quantité égale l'hydroxyde AlOOH à l'état de diaspore. Le fer sous forme d'hématite représente environ 9 % de la roche, le reste, soit quelques %, correspond probablement à une chlorite.

Échantillon E.

L'échantillon E est rouge brunâtre, compact, il renferme des pisolites homogènes foncés et d'autres beaucoup plus clairs avec une coque brune à éclat métallique.

La courbe thermique différentielle met en évidence deux inflexions endothermiques vers 450° et vers 560°, et un très grand phénomène exothermique ; elle caractérise un mélange de kaolinite et d'hydroxyde AlO OH.

L'étude thermopondérale fait apparaître une seule perte de poids importante entre 350° et 600° qui atteint 10 %. Au-delà, on enregistre une diminution de poids de 0,6 % ; entre la température ordinaire et 350° la perte de poids est de 0,8 %.

Le diagramme de rayons X de la pâte met en évidence les raies du diaspore, de la kaolinite et de l'hématite, avec des traces de boehmite. Les pisolites bruns à éclat métallique contiennent surtout de l'hématite avec un peu de diaspore. Le titane semble présent surtout dans la pâte sous forme d'anatase.

L'étude à l'aide du rayonnement infrarouge confirme pour la pâte les résultats obtenus par les rayons X. En outre, l'intérieur rose de certains pisolites montre un enrichissement en diaspore ; quelques-uns même renferment ce minéral presque pur ; il en est de même pour certains nodules jaunâtres.

L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

SiO^2	12,2
Al^2O^3	47,1
Fe^2O^3	23,7
FeO	1,2
TiO^2	2,2
CaO	1,3
MgO	0,3
Perte au feu	12,4
	100,4

Source : MNHN, Paris

que l'on peut interpréter ainsi :

Kaolinite		26,5
Diaspore et un peu de boehmite ferrifères	AlO OH	43,2
	FeO OH	18,5
TiO^2		2,2
Fe^2O^3		6,5
FeO		1,2
H^2O		0,4
		98,5

La kaolinite est localisée surtout dans la pâte où se retrouve une partie de l'hématite.

Échantillon F.

C'est une bauxite extrêmement hétérogène dont la pâte est tantôt blanchâtre tantôt rouge ou brune. Quant aux pisolites, ils sont souvent recouverts d'une coque brune, mais l'intérieur est de couleur variable.

La courbe thermique différentielle présente les accidents suivants : Un petit crochet endothermique à 270°, un très grand vers 400° et un accident exothermique large vers 900°. Cette courbe correspond certainement à un mélange de kaolinite et d'un hydroxyde de forme AlO OH, diaspore ou boehmite. La petite inflexion vers 300° révèle la présence de goethite ou de gibbsite.

Le diagramme thermopondéral fait apparaître une perte de poids qui débute vers 150° et atteint 2 % à 400°. Entre 400° et 650° on observe une diminution de poids de 12 %. Au-delà, la perte de poids est de 0,4 %.

Les constituants essentiels révélés par l'examen à l'aide des rayons X sont surtout le diaspore et la kaolinite, associés à de petites quantités de chlorite et de boehmite. Certains pisolites ne renferment pratiquement que du diaspore.

L'examen à l'aide du rayonnement infrarouge de cette roche complexe donne des résultats de détails intéressants : la pâte rouge est formée par de la kaolinite, du diaspore, avec un peu de boehmite, et de l'hématite surtout dans les zones foncées. Les parties blanches, de même composition, n'en diffèrent que par une teneur moindre en hématite. Les pisolites beiges et fissurés et certains autres jaunes à coque brune sont constitués par du diaspore avec une petite quantité de boehmite. Quant aux concrétions roses, on y reconnaît surtout de la boehmite avec un peu de kaolinite et de diaspore. Enfin les enduits brique foncé sont en goethite pure (fig. 24).

L'analyse chimique donne les résultats ci-dessous :

SiO^2	9,1
Al^2O^3	62
Fe^2O^2	9,2
FeO	0,7
TiO^2	2,9
CaO	1,2
MgO	0,6
Perte au feu	14,5
	100,2

Source : MNHN, Paris

qui conduisent à l'interprétation minéralogique suivante :

Kaolinite		19,6
Diaspore et Boehmite	AlOOH FeOOH	65 10,5
TiO^2		2,9
FeO		0,7
H^2O		1
		99,7

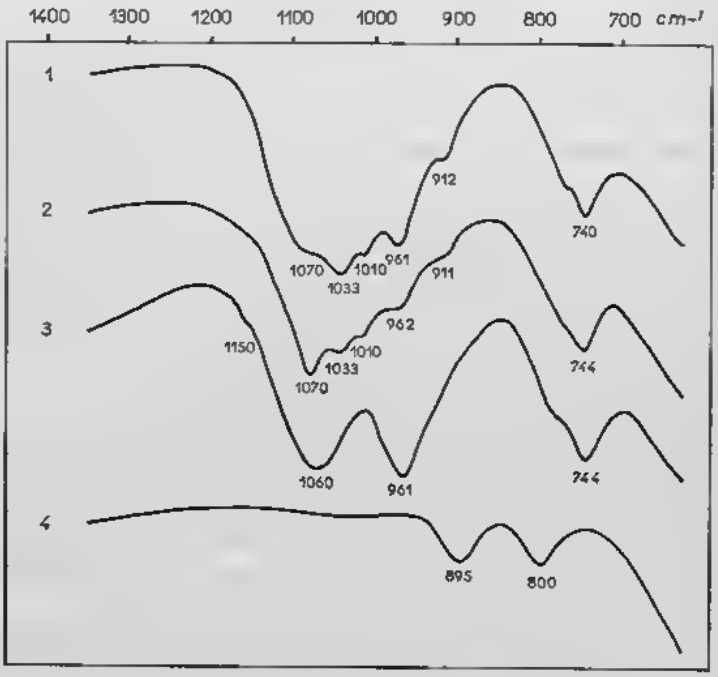


FIG. 24. — Spectres infrarouges de la bauxite F de Durban :
1, Pâte rouge ; 2, Pisolite rose ; 3, Gros pisolite beige fissuré ;
4, Pisolite rouille foncé.

Cette bauxite montre que la pâte, assez homogène, est constituée par la kaolinite et le diaspore, auxquels s'ajoutent un peu de boehmite et des traces de chlorite ; en outre, la coloration dépend de la proportion d'hématite. Par contre, les pisolites, même jointifs, sont de composition très variables : les uns sont en diaspore, dans d'autres la boehmite domine ; il faut noter également la présence d'une zone externe, tantôt en hématite tantôt en goethite pure.

Les bauxites de Durban sont donc assez particulières. L'aluminium s'y rencontre surtout sous forme de diaspore, la boehmite n'apparaît qu'accessoirement. Les échantillons rouges sont riches en kaolinite. Ce minéral est

Source : MNHN, Paris

un constituant important de la pâte et se retrouve en quantités notables dans certains pisolites ; ces roches se sont formées dans les conditions habituelles, c'est-à-dire dans un milieu oxydant. Les échantillons gris contiennent encore beaucoup de kaolinite, souvent associée à de la chlorite. Ils sont extrêmement riches en pyrite et peuvent même contenir du soufre libre.

Deux hypothèses permettent d'expliquer cette variation de composition : une première, assez généralement admise, consiste à penser que, oxydée et rouge lors de son dépôt, la bauxite devient à la partie supérieure du gisement et par transformation diagénétique une roche où le fer est réduit sous l'influence de matières humiques provenant de la couche d'argile ligniteuse qui la recouvre ; il faudrait supposer qu'il y a des apports massifs de soufre venant du toit et que l'hématite déjà formée donne de la pyrite.

Une seconde hypothèse semble plus simple et plus logique d'après l'examen des échantillons, et tient compte de la présence fréquente du fer dans le réseau même des hydroxydes d'aluminium, fer vraisemblablement beaucoup moins mobile qu'on ne le supposait. Elle incline à penser que le potentiel d'oxydoréduction varie au cours de la formation du minerai, ce qui expliquerait la présence de bauxite rouge à la base du gisement, passant graduellement vers le sommet à des bauxites grises où la totalité du fer est à l'état ferreux.

f) Lescure

La bauxite de ce gisement, blanche à pisolites, donne une courbe thermique mettant en évidence l'association kaolinite-boehmite avec un peu de gibbsite (courbe 11, fig. 22).

Les résultats de l'étude thermopondérale sont délicats à interpréter, car il n'est pas facile de répartir la perte de poids entre chacun des constituants. Le diagramme de rayons X permet de caractériser un mélange de kaolinite et de boehmite.

L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

SiO^2	31,4
Al^2O^3	43,6
Fe^2O^3	5,1
FeO	0,5
CaO	1,3
MgO	1,0
TiO^2	0,9
Perte au feu	16,0
	99,8

qui permettent d'évaluer à 67,5 % la quantité de kaolinite et à 26,25 % la teneur en boehmite ferrifère.

L'étude à l'aide des rayons infrarouges montre que la pâte blanche est formée presque exclusivement de kaolinite, alors que les pisolites sont très riches en boehmite. Avec cette bauxite, on retrouve un minerai classique à boehmite dont les pisolites ont une composition très différente de celle

Source : MNHN, Paris

du ciment. Par conséquent, il semble bien difficile d'invoquer, comme le font certains auteurs, des phénomènes de métamorphisme pour expliquer la présence de diaspore dans les bauxites de Durban, étant donné que dans le gisement tout proche de Lescure on rencontre des minerais à boehmite ayant une composition tout à fait normale.

B. — Bauxites de la régiou à l'est de Foix

Péreille

Dans le gîte de Péreille, les bauxites reposent sur les dolomies du kiméridgien et l'urgoaptien, qui constitue le toit, débute par une couche de lignite (E. Roch, Genèse des bauxites). Ce gîte est coupé par une petite rivière : certains échantillons ont été prélevés sur la rive droite, d'autres sur la rive gauche. Ils sont d'aspect assez différent.

Échantillon le plus typique Pm 1039.

Bauxite dite en gâteau de miel. C'est une roche à fond gris jaunâtre et à nombreux pisolites foncés (planche VI). L'examen au microscope polarisant fait apparaître dans une masse finement cryptacristalline des concrétions brunes ou rougeâtres parfois fissurées. Dans certains cas la partie centrale et les fissures sont remplies par des cristallites isodiamétriques biréfringents dont la nature minéralogique est difficile à préciser optiquement.

L'étude thermique différentielle met en évidence la boehmite et le diaspore. On note également deux très faibles inflexions endothermiques, l'une vers 350° qui est à rapporter à la gibbsite et l'autre située vers 800° qui est due probablement à la dissociation d'une très petite quantité de calcite.

L'étude thermopondérale révèle une perte de poids totale de 18 % ; celle-ci se répartit de la façon suivante : jusqu'à 250°, 1,5 % ; de 250° à 350°, 1 % ; de 350° à 800°, 14,5 % ; au-delà de 800°, 1 %.

Des diagrammes de rayons X, effectués sur la prise d'essai moyenne, ont montré, très bien marquées, les raies de la boehmite, du diaspore et de la kaolinite. Un autre diagramme, obtenu avec un pisolite brun, a mis en évidence la boehmite et un diaspore dont les réflexions, comparées à celles du minéral purement alumineux, manifestent un très léger rapprochement vers le centre : il s'agit de la variété ferrifère.

L'étude aux rayons infrarouges apporte, comme nous l'avons vu (p. 138 et 139, fig. 7 et 8), quelques précisions : Les courbes 1, 2 et 3 de la figure 25 montrent des spectres de l'échantillon étudié de Péreille. Dans la pâte beige pâle, relativement homogène dans l'infrarouge (courbe 1) la boehmite domine ; on y trouve aussi du diaspore (972 cm-1) ainsi qu'un peu de gibbsite (1 017 cm-1) et des traces de kaolinite (1 036 et 915 cm-1). Les pisolites, de nature variable, sont formés, les uns bruns, par de la boehmite ferrifère accompagnée de faibles quantités de gibbsite et de diaspore (courbe 2), les autres, plus rouges, par du diaspore ferrifère mêlé à une

Source : MNHN, Paris

proportion plus ou moins faible de boehmite (courbe 3) ; certains sont zonés et présentent une composition qui n'est pas constante.

D'une façon générale, dans cette roche, les proportions de boehmite et de diaspore, ferrifères ou non, peuvent varier d'un prélèvement à l'autre.

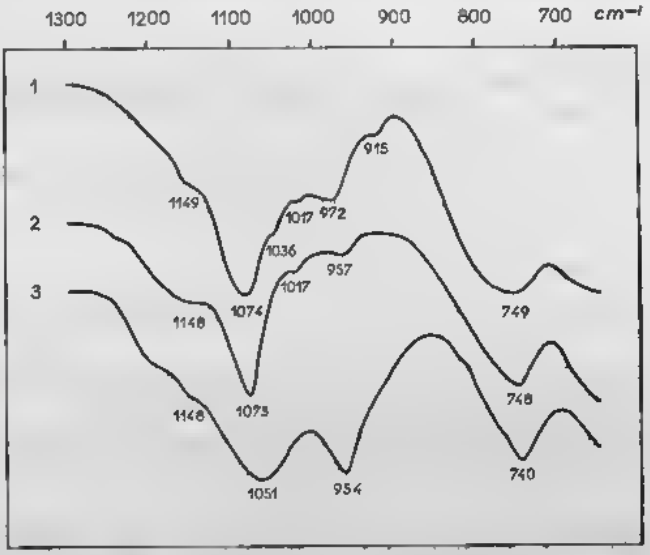


FIG. 25. — Spectres infrarouges de la bauxite de Péreille, Pm 1039 : 1, Pâte gris beige ; 2, Pisolite brun foncé ; 3, Pisolite brun rougeâtre.

L'analyse chimique, faite sur la prise d'essai moyenne, a donné les résultats suivants :

SiO^2	1,0
Al^2O^3	63,0
Fe^2O^3	11,5
FeO	3,0
TiO^2	1,2
CaO	3,0
H^2O —	2,0
+	15,5
	100,2

Ceux-ci peuvent être interprétés surtout en hydroxydes d'aluminium, boehmite et diaspore, renfermant une certaine quantité de fer dans leur réseau.

La composition minéralogique de cette bauxite se résume ainsi :

Diaspore et boehmite ferrifères	AlOOH	69,5
	FeOOH	13
Gibbsite		5,5
Kaolinite		2
Calcite		2
TiO^2		1,2
H^2O —		2
		95,2

Source : MNHN, Paris

Échantillon Pm 1038.

Cette bauxite, nettement pisolitique, rappelle macroscopiquement l'échantillon Pm 1039. La pâte est extrêmement riche en boehmite et les pisolites sont formés principalement de diaspore ferrifère.

Échantillon Pm 1040.

Très compact, beaucoup plus homogène et moins pisolitique que le précédent, cet échantillon est formé en majeure partie par un mélange de boehmite, kaolinite et diaspore (courbe 11, fig. 26).

L'infrarouge permet de préciser que dans les pisolites le diaspore ferrifère domine, accompagné par un peu de boehmite.

Échantillon Gi 4475.

Cette bauxite à pâte rose renferme des pisolites mal délimités rouge brun.

La courbe thermique met en évidence un très petit crochet à 320°, un très grand à 480° et un phénomène exothermique à 980°.

La courbe thermopondérale fait apparaître une perte de poids de 12 % dont 0,4 % avant 250° ; 0,6 % entre 250° et 350° ; le reste, soit 11 %, au-delà.

L'étude à l'aide des rayons X de la poudre moyenne montre que le constituant essentiel est la kaolinite à laquelle s'ajoute une petite quantité de boehmite responsable de l'abaissement de la température de départ d'eau de constitution, 480° au lieu de 530° environ.

L'infrarouge donne pour la pâte un spectre de kaolinite avec un peu de boehmite ; quant aux concrétions brunâtres, elles sont formées de kaolinite et d'hématite.

L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

SiO^2	24,4
Al^2O^3	47,7
Fe^2O^3	11,2
FeO	0,4
TiO^2	2,0
CaO	0,7
MgO	0,9
Perte au feu	12,8
	100,1

La composition minéralogique peut se résumer ainsi : kaolinite 52,5 % ; boehmite 30 % et hématite 11,2 %. A ces constituants principaux s'ajoutent TiO^2, 1 % ; H^2O-, 1 %.

En résumé, cet échantillon ne peut être considéré comme une véritable bauxite, étant donné sa teneur très élevée en silicate argileux ; il faut remarquer que l'hydroxyde d'alumine est la boehmite et non le diaspore.

Source : MNHN, Paris

Échantillon Gi 4478.

Cette bauxite est très différente des précédentes, de couleur grise avec des pisolites gris foncé, chargés de pyrite, ou beiges craquelés, tous très solidaires de la masse, dans laquelle on observe de nombreuses traînées de cristallites de pyrite.

La courbe thermique présente des crochets endothermiques petit à 100°, moyen à 400°, très grand et dédoublé à 530° ainsi qu'un énorme phénomène exothermique à 980° (courbe III, fig. 26).

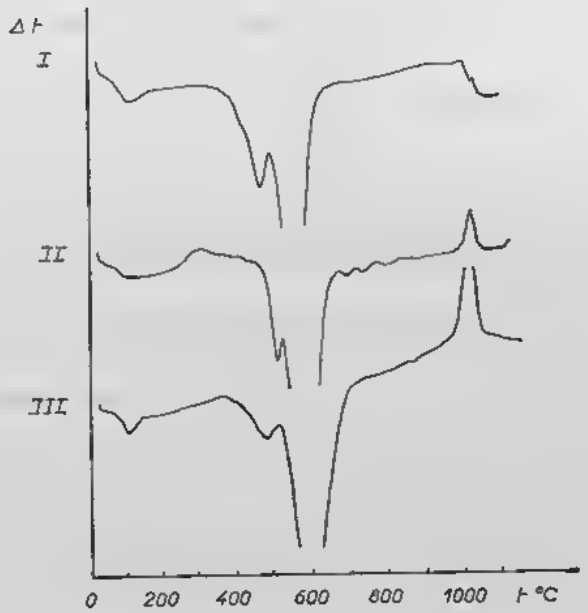


Fig. 26. — Courbes thermiques différentielles des bauxites de Péreille (Ariège) : I, Échantillon N° 3 ; II, Pm 1040 ; III, Gi 4478.

L'étude thermopondérale fait apparaître une perte de poids de 17 %. Entre 0° et 100°, la diminution de poids est de 1 % ; entre 300° et 430°, elle est d'environ 1 % ; le reste des matières volatiles se dégage dans l'intervalle 400-800°.

Le diagramme de rayons X de la pâte est celui de la kaolinite, auquel s'ajoutent des raies attribuables à la pyrite et une au soufre. Quant aux pisolites beiges, certains sont formés presque exclusivement de diaspore.

Le spectre infrarouge de la pâte grise est essentiellement celui de la kaolinite. Les pisolites gris foncé sont également kaoliniques, et les beiges très riches en diaspore.

Source : MNHN, Paris

L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

SiO^2	35,9		
Al^2O^3	38,0		
Fe^2O^3	4,7		
FeO	1,2		
TiO^2	2,0		
CaO	0,8		
MgO	0,3		
Perte au feu	17,6	H^2O	12,6
		S	5
	100,5		

que l'on peut interpréter minéralogiquement ainsi :

	Kaolinite	77
AlOOH	Diaspore	9
	TiO^2	2
	FeS^2	9
		97

Cette bauxite est à rapprocher des types gris de Durban.

Échantillon N° 3.

Cette bauxite gris clair ressemble à l'échantillon précédent, mais ne renferme pas de pyrite macroscopiquement visible.

La courbe thermique montre que l'on est en présence d'un mélange de boehmite et de diaspore (courbe I, fig. 26), résultats confirmés par les rayons X.

Le diagramme thermopondéral indique deux pertes de poids, l'une de 3 % entre 300° et 425°, l'autre de 11 % entre 425° et 700°.

Le spectre infrarouge révèle que la pâte est surtout formée de boehmite, avec localement un peu de diaspore et des traces de kaolinite. Les pisolites sont constitués d'hydroxydes : dans les gris foncés la boehmite prédomine et dans les gris beige le diaspore.

L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

SiO^2	0,7
Al^2O^3	74,0
FeO	1,6
TiO^2	3,6
CaO	2,0
MgO	0,25
Perte au feu	17,9
	100,05

Ceux-ci permettent d'interpréter la totalité de l'alumine à l'état de AlOOH, soit 87 %. Il s'agit de boehmite et de diaspore purement alumineux. La silice peut être utilisée pour calculer un peu de kaolinite, 1,5 %. A ces minéraux on doit ajouter : 3,6 % de TiO^2 ; calcite, 1,5 % ; H^2O, 1,5 %.

Source : MNHN, Paris

Il faut remarquer la teneur en titane exceptionnellement élevée de cet échantillon ; les diagrammes de rayons X permettent de préciser qu'il s'agit d'anatase.

Cette bauxite ne contient pas de pyrite, très peu de kaolinite ; par contre, notons la présence simultanée de boehmite et de diaspore.

Échantillon N° 4.

La roche très foncée, qui en fait n'est pas une bauxite, renferme des pisolites de pyrite fibreuse en voie d'altération ; elle a certainement été prélevée au voisinage du toit près de la couche de lignite. La pâte gris noir est formée de kaolinite associée à du lignite et les pisolites, peu altérés, révèlent un mélange de kaolinite et de pyrite.

Gîte de Beychet, Péreille rive gauche (*).

L'échantillon, blanc jaunâtre, renferme de gros pisolites de même couleur et présente un faciès assez exceptionnel.

L'étude thermopondérale fait apparaître une seule perte de poids de 17 % qui débute vers 200° et s'achève à 600°.

La pâte et les pisolites sont formés par un mélange de boehmite et de diaspore, soit environ 94 %. Aux hydroxydes s'ajoutent, dans le ciment, des traces de kaolinite.

Nous trouvons donc dans ce gîte une bauxite très riche en hydroxydes purement alumineux.

Latérite de Péreille, rive droite (*).

C'est un échantillon blanc rosé avec des zones plus foncées. La pâte englobe çà et là des nodules noirâtres. Les portions blanches sont formées de boehmite avec de la kaolinite. Les parties rouges ont un spectre de boehmite avec diaspore et traces de kaolinite. Quant aux nodules brun noirâtre, ils contiennent de la boehmite, un peu de kaolinite et beaucoup d'hématite. Il s'agit par conséquent d'une bauxite typique malgré sa position en dehors du gisement.

Bauxite grise de Péreille, rive droite (*).

La pâte de cette bauxite est surtout formée de boehmite et de kaolinite. Les pisolites gris foncé sont riches en pyrite, les beiges fissurés sont en boehmite avec un peu de diaspore. Certains nodules rouges près de la surface sont très kaoliniques et contiennent peut-être de l'hématite. Ici encore il faut noter la présence des deux monohydrates d'alumine.

En résumé, on trouve à Péreille des bauxites rougeâtres à hématite et grises à pyrite, comme à Durban. Contrairement à ce que l'on observe dans ce dernier gisement on remarque à Péreille la présence simultanée de boehmite et de diaspore ; il semble donc difficile d'invoquer des phénomènes de métamorphisme pour expliquer la genèse du diaspore. Par contre,

(*) Ces trois échantillons ont été recueillis par M. l'abbé DE LAPPARENT.

Source : MNHN, Paris

ici encore, dans la zone à l'Ouest de Foix, comme dans la zone située à l'Est, se pose le problème de la genèse des bauxites grises à fer ferreux ; il faut noter la présence, dans l'un et l'autre cas, de lignite au toit du gisement. Mais il y a toujours lieu de se demander si les phénomènes de réduction du fer sont postérieurs au dépôt ou si tout simplement ils sont dûs aux conditions mêmes qui ont régné dans le milieu de formation de ces roches.

5° BAUXITES DES PYRÉNÉES ORIENTALES

Les bauxite de la RÉGION DE ST-PAUL-DE-FENOUILLET reposent sur des calcaires néocomiens à faciés urgonien et sont recouvertes par des calcaires aptiens (J. DE LAPPARENT, 1930). En dehors de minerais à faciès presque normal, on y observe des échantillons tout à fait exceptionnels. Ce sont des matériaux trés durs, peu pisolitiques, dont la couleur varie du blanc grisâtre au vert et au rouge brunâtre, et qui, par broyage, donnent une poudre onctueuse au toucher.

Nous commencerons leur description par l'étude de roches rencontrées uniquement dans cette région. Ces bauxites contiennent du diaspore et une chlorite, et, dans presque tous les échantillons, la phyllite est associée á l'hydroxyde d'aluminium ; les fragments de couleur claire, presque blancs, sont plus riches en chlorite. Nous n'avons eu à notre disposition qu'une très petite quantité de ces roches, aussi, malgré l'emploi de techniques diverses (analyses thermiques différentielles, études thermopondérales, analyses chimiques, diagrammes Debye et Scherrer, spectres d'absorption infrarouge dans la région de 6 à 15 μ) il n'a pas été possible d'évaluer avec précision la teneur en diaspore d'un échantillon donné, celle-ci pouvant d'ailleurs varier dans de très larges limites au sein d'un même fragment. En effet, avec les méthodes utilisées, les résultats obtenus ne permettent pas de séparer ce qui revient à chacun des constituants du mélange : les deux minéraux sont alumineux, hydratés, et l'eau s'échappe, dans les deux cas, dans des domaines de température qui interfèrent ; d'autre part, étant donné leur différence de cristallinité, le diaspore apparaît préférentiellement sur les diagrammes de rayons X et, en ce qui concerne les spectres infrarouges dans la région de 6 à 15 μ, les zones d'absorption des deux minéraux se superposent, les bandes du diaspore disparaissant dans la grande bande de la chlorite.

Considérons tout d'abord l'échantillon le plus riche en chlorite dont nous disposions (Pm 1043). C'est un fragment blanc, malheureusement très petit.

L'examen à l'aide des rayons X montre que son constituant essentiel est une phyllite dont l'équidistance principale de 14,2 Å conserve le même écartement par immersion dans l'eau glycérolée. Après chauffage á 550°, le diagramme présente un renforcement très notable de cette raie ; ce comportement est bien celui d'une chlorite. La mesure de l'équidistance correspondant á 060 est de 1,5 Å, au lieu de 1,53 Å dans les chlorites trioctaédriques normales, par exemple les shéridanites.

Source : MNHN, Paris

L'analyse chimique de l'échantillon a donné les résultats suivants :

SiO^2	29,5
Al^2O^3	52,0
Fe^2O^3	0,5
FeO	0,3
CaO	1,6
MgO	tr
TiO^2	1,2
P^2O^5	1,0
H^2O	13,9
	100,0

qui montrent immédiatement que la chlorite qu'il renferme est une phyllite purement alumineuse. Si l'on utilise le phosphore pour calculer un phosphate de calcium de type apatite et qu'on exprime le titane à l'état d'oxyde, les impuretés peuvent se résumer à 2,20 % d'apatite et 1,2 % de TiO^2. Mais il reste le diaspore.

Les rayons infrarouges vont nous permettre de serrer le problème de plus près. En utilisant un prisme en chlorure de sodium (enregistrement des bandes entre 5 et 15 μ — 2 000 à 650 cm^{-1}), on observe une très grande zone d'absorption sur laquelle apparaissent un ou deux maximums peu accusés vers 1 040 et 1 010 cm^{-1}, une petite bande vers 800 cm^{-1} et une autre plus profonde vers 740 cm^{-1}. Ce spectre est très voisin de celui de plusieurs chlorites mais la grande zone d'absorption est déplacée vers les faibles longueurs d'onde. Sur ce diagramme fondamental se greffent quelques inflexions peu marquées appartenant au diaspore, car les bandes importantes mais arrondies de ce dernier minéral se situent sur les branches descendantes et ascendantes de la zone large d'absorption de la chlorite. Il est donc impossible, avec cette méthode usuelle, de déterminer les proportions relatives de l'hydroxyde et de la phyllite.

Nous avons alors étudié l'absorption de cette bauxite dans d'autres régions du spectre (au total, de 1 à 30 μ — 4 000 à 350 cm^{-1}). Afin de nous rendre compte de la variation de l'intensité des bandes du diaspore suivant sa teneur dans un mélange hydroxyde-phyllite, nous avons fait une série de préparations contenant des pourcentages connus de diaspore dans une chlorite : nous avons choisi la thuringite magnésienne du Transvaal, dont le comportement dans la région de 6 à 15 μ est voisin de celui de la chlorite de St-Paul-de-Fenouillet. Si l'on utilise un spectrographe à prisme de bromure de césium, qui permet d'enregistrer les spectres dans la région de 14 à 30 μ, on constate que les bandes du diaspore et des chlorites, bien que non superposées, ne se séparent pas nettement (fig. 27) : une bande de la thuringite (17,2 μ) se déplace progressivement, dans les mélanges, jusqu'à celle du diaspore (18,2 μ), alors que la bande de 22,48 μ de la thuringite disparaît peu à peu ; une bande de diaspore, aux alentours de 27 μ, apparaît gênée par une bande de la chlorite, située vers 26,3 μ, de sorte qu'il n'y a que la bande très arrondie de 28,7 μ qui caractérise, mais peu nettement, la proportion d'hydroxyde d'aluminium dans la thuringite. Pour ces enregistrements,

Source : MNHN, Paris

la poudre, broyée le plus finement possible, est montée dans de l'huile de vaseline entre deux lames de bromure de césium.

Par contre, des essais, effectués avec un spectrographe à prisme de fluorure de calcium, dans la région de 1 à 6 μ, ont permis de déterminer, avec

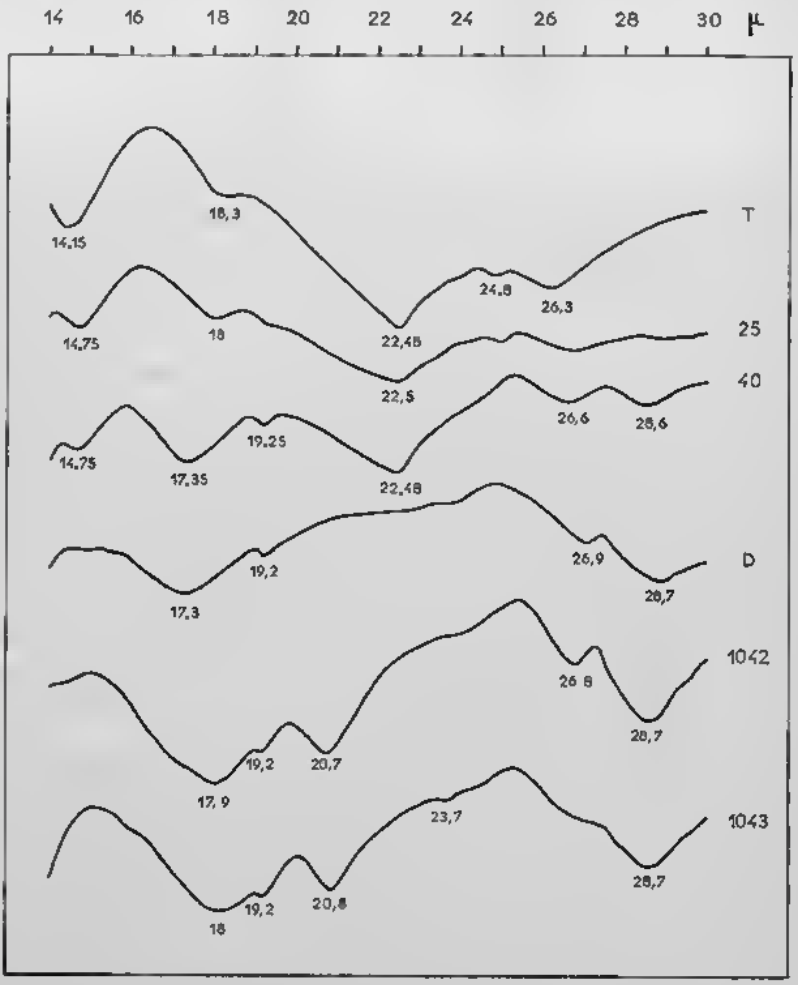


Fig. 27. — Spectres infrarouges : prisme en CaBr. Mélanges de Thuringite et de Diaspore. Bauxites de St-Paul-de-Fenouillet. T : Thuringite ; D : Diaspore. Mélanges à 25 et 40 % de diaspore dans la thuringite ; 1042 et 1043 : bauxites de St-Paul-de-Fenouillet.

une assez bonne approximation, les teneurs relatives en chlorite et diaspore. La poudre, mélangée à une faible quantité de vaseline, est mise entre deux lames de chlorure de sodium et une cuve de compensation, un peu moins épaisse, est placée devant le second faisceau, de façon à neutraliser en partie les bandes importantes de la vaseline situées dans la région de 3,2 à 4 μ,

Source : MNHN, Paris

région donc inutilisable pour l'étude des corps avec cette technique. Mais, précisément, l'une des zones d'absorption caractéristiques des chlorites (correspondant à l'existence de groupements OH et H^2O) se trouve dans la région de 3 μ, alors que deux des bandes essentielles du diaspore s'enregistrent à 4,75 et 5,06 μ ; dans ces deux régions, la vaseline ne montre qu'une très faible absorption. Les maximums des deux corps se trouvent donc ici séparés. La figure 28 met ces faits en évidence, dans la région allant de 1 μ à 5,5 μ (4 000 à 1 800 cm^{-1}). Les courbes V, T et D correspondent à la vaseline, à la thuringite pure et au diaspore ; les six courbes suivantes indiquent en pour cent les proportions d'hydroxyde dans le mélange thuringite-diaspore. Nous avons ajouté à ces enregistrements 3 spectres obtenus avec des bauxites ; les deux derniers correspondent à l'échantillon Pm 1043 : un prélèvement fait sans précautions dans la pâte blanc grisâtre montre la présence de chlorite avec 30 à 40 % d'hydroxyde, mais un grattage léger d'une zone brillante extérieure à un pisolite et enveloppant ce dernier a révélé une quantité très minime de diaspore, de 5 à 10 % environ. Quant à la première courbe, elle représente un autre échantillon, Pm 1042, qui contient dans la partie gris verdâtre nettement plus de 50 % de diaspore. La proportion d'hydroxyde étant approximativement connue (de l'ordre de 10 % dans l'échantillon analysé), il est possible d'établir, provisoirement tout au moins, une formule structurale de cette chlorite. L'analyse du mélange est donnée à la page 197.

Après enlèvement de 5 % de Al^2O^3, ce qui correspond à environ 6 % de diaspore, on peut calculer pour le minéral la formule structurale suivante :

$$(Si_{2,89}\ Al_{1,11})\ (Al_{2,15})\ (Al_{2,15}\ Fe^{+3}_{0,03}\ Fe^{+2}_{0,02})\ O_{14}$$

Après retrait de 10 % de diaspore, soit le maximum de l'évaluation faite à l'aide des études infrarouges, cette formule devient :

$$(Si_{3,03}\ Al_{0,97})\ (Al_{2,14})\ (Al_{2,14}\ Fe^{3+}_{0,03}\ Fe^{2+}_{0,02})\ O_{14}$$

Ces valeurs montrent qu'il s'agit bien d'une chlorite de type didioctaédrique qui comporte 1 atome de Al en couche tétraédrique et 2 atomes d'aluminium dans chaque couche octaédrique.

C'est, comme nous l'avons vu, une phyllite purement alumineuse dont les caractéristiques avaient été prévues par G. W. Brindley. Une phyllite de même type a été signalée en mélange interstratifié par G. Müller dans des tufs volcaniques (1961), par J. E. Brydon, J. S. Clark et Vincent Osborne dans les argiles de sols (1961) et par W. von Engelhardt, G. Müller et H. Kromer dans des rognons de marnes du Keuper (1962). On ne l'a jamais isolée à l'état pur jusqu'à présent.

Dans cette prochlorite, l'aluminium forme environ le tiers des couches tétraédriques et la presque totalité des couches octaédriques.

L'examen microscopique montre, dans une masse cryptocristalline, des agrégats lamellaires plus biréfringents que ceux des chlorites classiques, allant jusqu'au jaune orange. L'indice moyen des paillettes est de 1,587, elles ont une extinction droite, un allongement négatif ; il ne peut s'agir

Source : MNHN, Paris

du diaspore, dont les indices varient de 1,70 à 1,75. La densité mesurée sur la poudre est de 2,63, celle du diaspore nettement plus élevée est de 3,36.

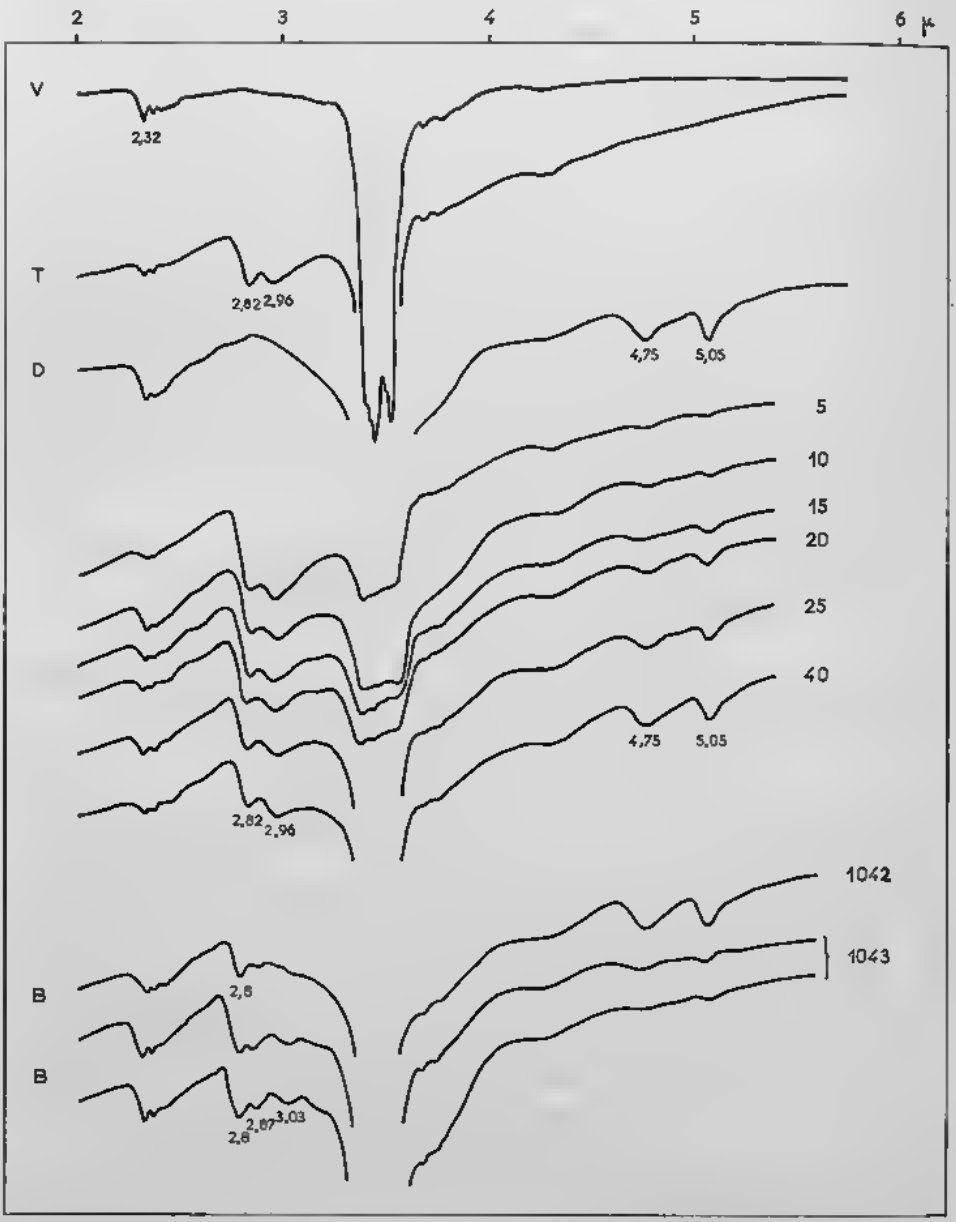


FIG. 28. — Spectres infrarouges : prisme en CaF_2. Mélanges de thuringite et de diaspore. Bauxites de St-Paul-de-Fenouillet (même légende que pour la figure précédente).

Source : MNHN, Paris

La courbe différentielle, qui présente un grand crochet endothermique vers 550° et un phénomène exothermique dédoublé vers 850°-870° ressemble à celle de la kaolinite. Cependant l'étude thermopondérale paraît bien caractériser une chlorite. Elle met en évidence deux départs d'eau, le premier vers 440°, le second vers 540°, qui correspondent respectivement à 9,5 et 3,5 % de perte de poids.

L'ensemble de ces caractères permet de conclure que le constituant essentiel de cette bauxite est bien une prochlorite didioctaédrique.

Un autre échantillon (*Pm* 1042) en partie gris verdâtre, en partie rougeâtre, donne une courbe thermique très analogue à la précédente.

Les courbes thermopondérales des parties grises et rouges ont exactement la même allure et révèlent une perte de poids de 13 %, mais il faut remarquer que la déshydratation débute plus tôt, dès 250°, dans la partie rouge, alors qu'elle devient seulement sensible vers 350° dans la partie claire. L'examen à l'aide des rayons X met en évidence des mélanges de chlorite et de diaspore, ce dernier minéral étant assez largement cristallisé, avec de petites quantités de gibbsite.

L'étude à l'aide du rayonnement infrarouge dans la région de 5 à 15 μ ne montre que peu de différence avec le spectre de l'échantillon précédent. Quant à l'analyse chimique :

	Partie rouge	Partie claire
SiO^2	12,4	17,1
Al^2O^3	54,5	62,4
Fe^2O^3	11,4	3,6
FeO	1,7	0,6
TiO^2	1,0	0,7
CaO	2,7	1,3
MgO	3,0	—
H^2O	14,1	14,0
	100,8	99,7

elle indique nettement un enrichissement en fer dans la partie rouge, qui par contre est plus pauvre en silice et en alumine que la partie claire. On peut remarquer aussi que cet échantillon renferme moins de chlorite que le précédent dont la teneur en silice était voisine de 30 %.

Toujours du même gisement, nous avons étudié l'*échantillon Pm* 1041, dont la pâte verdâtre recèle quelques pisolites bruns faisant corps avec le ciment et de petites concrétions blanches ; l'ensemble étant très dur et très cohérent, il est difficile d'en extraire les différentes parties.

L'étude thermique et l'examen aux rayons X indiquent qu'il s'agit, comme dans les échantillons précédents, d'un mélange de chlorite et de diaspore.

L'étude à l'aide des rayons infrarouges confirme ces résultats et prouve que les concrétions blanches sont presque entièrement formées de diaspore.

Source : MNHN, Paris

L'analyse chimique montre que la teneur en silice est sensiblement moitié de celle de l'échantillon 1043. Par contre la quantité de fer est beaucoup plus élevée que dans les autres matériaux.

SiO^2	14,2
Al^2O^3	36,5
Fe^2O^3	25,3
FeO	7,0
TiO^2	1,0
P^2O^5	1,0
CaO	1,1
MgO	0,4
H^2O	13,5
	100,0

Toujours du pays de Fenouillet, M. l'abbé DE LAPPARENT nous a remis quatre échantillons de BREZOU :

L'échantillon A est vert jaunâtre avec des vacuoles tapissées ou remplies d'un produit ocre. L'examen microscopique révèle, dans une masse phylliteuse formant le fond, des zones constituées par du diaspore et de la chlorite. On y observe des agrégats et des pisolites formés par des cristaux plus ou moins gros de diaspore.

L'examen à l'aide des rayons X et des rayons infrarouges confirme l'association du diaspore et de la chlorite avec une nette prédominance du diaspore.

L'échantillon B est formé par une pâte verdâtre et des pisolites brun rouge. L'ensemble est encore constitué par un mélange de chlorite et de diaspore. L'examen à l'aide des rayons infrarouges semble indiquer la présence de kaolinite dans les parties rougeâtres.

L'échantillon C est vert, il recouvre un fragment du mur en marbre à Rudistes ; ce marbre est de la calcite. Quant à la bauxite, elle est surtout formée de diaspore et de chlorite. Remarquons qu'au contact mur-bauxite, on ne retrouve pas ici la kaolinite ; les deux formations sont bien délimitées et il semble qu'il n'y ait eu aucune interaction de l'une sur l'autre.

L'échantillon D, violacé, est constitué surtout par le diaspore associé à de la chlorite et à de l'hématite.

SiO^2	7,9
Al^2O^3	50,5
Fe^2O^3	27,7
TiO^2	2,6
CaO	0,8
MgO	0,7
Perte au feu	10,0
	100,2

Source : MNHN, Paris

L'analyse chimique permet de préciser que la chlorite des bauxites colorées est bien didioctaédrique, c'est-à-dire purement alumineuse, comme celle des échantillons blanchâtres provenant de la même région.

L'échantillon du gîte de Coume Nègre (V), prélevé au contact du mur en calcaire blanc corrodé est formé lui aussi par de la chlorite et du diaspore. Là encore il n'y a pas de kaolinite au contact.

La bauxite de Roc Matusca, près Maury (Vl a) montre, dans une pâte violacée, des pisolites chocolat très adhérents au ciment. Il s'agit toujours d'un mélange de diaspore et de chlorite auquel s'ajoutent du mica et de la kaolinite.

Un autre échantillon du même gisement (Vl b), vert foncé, plus homogène, est constitué également par un mélange de diaspore et de chlorite.

Toujours dans la même région, un échantillon du gîte de Roque Rouge est un fragment jaune provenant d'une altération de la bauxite verte. Toutes les méthodes utilisées confirment que, là encore, on est en présence d'un mélange de chlorite et de diaspore, avec localement de petits pisolites riches en hématite.

En résumé, les gîtes de bauxites de la région de St-Paul-de-Fenouillet ont une composition minéralogique très constante, malgré la grande diversité de leur faciès. Il s'agit essentiellement de roches compactes, dures, cohérentes, même quand elles renferment des pisolites. Les constituants essentiels sont le diaspore et une chlorite alumineuse didioctaédrique, d'un type rare, qu'il ne nous a malheureusement pas été possible d'isoler à l'état pur.

Dans les parties rouges, les bauxites renferment de l'hématite. Contrairement à ce que l'on trouve dans d'autres régions, l'hydroxyde d'alumine dominant est le diaspore.

Source : MNHN, Paris

CONCLUSIONS

En conclusion de cette étude il nous a paru intéressant de donner un aperçu schématique des conditions de genèse des bauxites. Nous ne nous occuperons que des types les plus classiques de la France méridionale de l'est, ceux que l'on rencontre dans les départements des Bouches-du-Rhône, du Var, de l'Hérault. C'est uniquement à l'aide de l'étude minéralogique de détail qui précède que nous tenterons de jeter un peu de lumière sur l'histoire de ces bauxites. Des théories diverses ont déjà été avancées par de nombreux géologues, nous y avons fait allusion au début de ce travail. Résumons-les brièvement en faisant appel au mémoire d'E. Roch (1959).

D'aucuns rapprochent ces roches des « minerais de fer dits d'alluvions » et aussi de formations latéritiques qui, elles, sont éluviales ; d'autres les font résulter dans tous les cas de l'altération et de la décomposition de roches éruptives, ou bien ils les rattachent aux dépôts sidérolitiques, ou encore aux « terra rossa ». J. de Lapparent (1930) les considère comme strictement autochtones, provenant d'argiles de décalcification, il pose en principe que les bauxites les plus jeunes sont toujours les plus voisines du mur, les plus anciennes, du toit et que le blanchiement se fait à partir du haut par déferrification. Bien des auteurs sont d'ailleurs gênés par la disproportion entre l'épaisseur de certaines couches de minerai rouge et la pureté et la blancheur des roches carbonatées dont ce dernier dériverait, d'autant plus que, dans quelques gisements, le contact de la bauxite et de son substratum est net et que le calcaire ne présente pas de traces d'altération (*).

G. Denizot (1939), tout en les considérant comme autochtones, pense que les roches mères des bauxites sont les différents niveaux argileux et marneux riches en alumine des séries stratigraphiques antérieures. Pour E. Raguin (1940), la plupart des bauxites sont probablement des « latérites fossiles ». P. Georges (1935) fait appel à des cuvettes d'ennoyage où se seraient entassées des « terra rossa ». A. F. de Lapparent pense que ces « terra rossa » se seraient accumulées dans des cavités préalablement creusées et auraient subi un certain transport horizontal. H. Erhart (1956) fait intervenir la succession des périodes d'équilibre biologique (biostasie), où les roches sont décomposées sous couvert forestier, donnant des argiles latéritiques résiduelles, puis les périodes de déséquilibre où la forêt disparaît (rhexistasie) ; les roches résiduelles sont alors entraînées provoquant une séparation (affinage) des hydroxydes d'aluminium. E. Roch (1959) repousse l'hypothèse de formations éluviales pour l'origine des bauxites provençales et languedociennes, et propose l'intervention d'apports éoliens venant du socle ancien du Massif Central. F. Motta (1962) étudiant des bauxites

(*) E. Roch souligne l'importance de ce fait aux îles Caraïbes (V. A. Zans, R. C. Lemoine et E. Roch, 1961).

Source : MNHN, Paris

espagnoles, arrive aux mêmes conclusions et les considère comme strictement allochtones.

A propos des gisements de bauxites de Hongrie, Gy. Bardossy (1960) met l'accent sur l'altération réversible de la gibbsite et de la boehmite suivant les conditions d'oxydation du milieu, alors que le diaspore serait une variété stable ; il insiste sur le remaniement des bauxites et sur les processus diagénétiques qui l'accompagnent. De même, I. Valeton (1962), dans une étude sur les bauxites de France, souligne l'importance des actions chimiques, les éléments constitutifs arrivant dans un relief karstique formé avant la diagenèse du minerai — diagenèse locale dans le cas qui nous occupe — et attribue à des brassages la formation des concrétions.

G. C. Waterman (1962), étudiant les bauxites de la Jamaïque, voit un parallèlisme entre le développement des structures karstiques, l'intensité de la pluviométrie et la formation des bauxites, qui selon lui ne peuvent dériver d'argiles de décalcifications.

Quoiqu'il en soit, la caractéristique essentielle des bauxites que nous avons étudiées, au point de vue géologique, est de toujours reposer sur un mur calcaire ou dolomitique, et d'être recouvertes également le plus souvent par des formations calcaires ; elles se placent donc entre deux épisodes carbonatés. Les auteurs admettent en général qu'elles ont été élaborées durant une période plus ou moins longue d'émersion, vraisemblablement sous un climat tropical chaud et humide, c'est ce climat qui conditionnerait une altération rapide et profonde des roches ou des minéraux désagrégés (oxydations et réductions, hydrolyses) avec destruction des silicates complexes et entraînement, d'une part de l'alumine et du fer, d'autre part de la silice, des bases alcalines et du calcaire.

Il est également admis, ainsi que le rappelle G. Millot (1964), que lorsque les saisons humides sont longues et chaudes, les silicates se trouvent hydrolysés, le quartz même finit par être dissous ; c'est sous forme d'*ions en solution* que sont libérés les constituants, en particulier Si, Al, Fe, Mg, Ca, K et Na. Au cours de la percolation de ces solutions à travers les sols et les terrains, souvent par suite de la migration des nappes acquifères, certains éléments peuvent être retenus surtout Fe, Al et Si. Pendant les saisons sèches, le Fe libéré cristallise en oxydes ferriques hydratés (goethite) ou anhydre (hématite), ce qui entraîne la rubéfaction des sols. Al et Si se réorganisent, soit en oxydes d'aluminium hydratés (gibbsite ou boehmite), soit en silicates d'aluminium. Si le drainage est bon, il se forme, au-dessus du niveau de la nappe acquifère, de préférence des hydroxydes d'Al et au niveau de la nappe et en dessous de celle-ci, de la kaolinite.

Des travaux effectués tout dernièrement sur des roches (G. Pedro, 1964) ou sur de l'albite (J. Wyart, A. Oberlin et C. Tchoubar, 1963, M. Lagache, 1964) ont montré le rôle important joué par l'intensité plus ou moins grande du lessivage dans le cas de l'altération des feldspaths ; les conditions expérimentales ne sont pas celles de la surface (température de 100 ou 200° en présence de CO^2 sous pression) mais des expériences réalisées à des températures inférieures permettent de penser que les résultats peuvent être extrapolés jusqu'à la température ambiante. Si le lessi-

Source : MNHN, Paris

vage est intense, les éléments alcalins et la silice sont mis en solution et éliminés alors que le résidu purement alumineux cristallise en boehmite. Si la solution est moins fréquemment renouvelée, de la silice s'associe à l'alumine et il y a formation à la fois de kaolinite et de boehmite ; si le drainage est encore moindre, la kaolinite cristallise seule et la silice précipite sous forme amorphe.

Avant d'aborder le schéma que nous proposons pour expliquer la genèse des bauxites, rappelons l'essentiel des caractéristiques minéralogiques de ces roches.

Contrairement aux idées assez généralement admises, les bauxites sont formées entièrement par des produits cristallisés. Il s'agit de minéraux cryptocristallins qui ne peuvent être identifiés qu'exceptionnellement à l'aide de l'examen microscopique, mais qui sont reconnus assez aisément par l'utilisation simultanée d'une série de techniques. En particulier, l'emploi des méthodes thermiques a montré l'absence de l'eau faiblement liée se dégageant à basse température, au-dessous de 200° ; cette eau, qui pourrait être attribuée à des gels, n'a pas été mise en évidence. Il n'existe donc, dans ces roches, aucun gel aluminoferrique. D'autre part, la goethite n'a jamais été observée en tant que constituant essentiel. Le seul minéral uniquement ferrifère est à l'état anhydre, il s'agit de l'hématite ; cette dernière, lorsqu'elle est divisée en très fines particules, peut colorer en rouge les hydroxydes d'aluminium et la kaolinite ; cependant, le plus souvent, la présence de ce minéral se traduit par des teintes brun chocolat, plus ou moins foncées, quelquefois presque noires. La couleur rouge des bauxites étudiées est, dans la majeure partie des cas, due à la présence de bochmite ferrifère. En effet, c'est au cours de la formation même de la roche que la précipitation de l'alumine sous forme d'hydroxydes, boehmite ou diaspore, a entraîné simultanément celle de la plus grande partie du fer, qui, comme nous l'avons vu, fait partie du réseau. *Il semble donc que les conditions de formation des bauxites soient celles-là même de la précipitation des hydroxydes d'aluminium.*

Si maintenant nous examinons la texture des bauxites, nous remarquons qu'elles montrent, dans la presque totalité des cas, des pisolites reliés par une pâte. Il arrive que les deux milieux soient représentés par la boehmite, celle des concrétions étant plus riche en fer que celle de la pâte. On note aussi souvent que les pisolites contiennent de l'hématite alors que le ciment peut en être dépourvu. Par contre, la kaolinite, lorsqu'elle est présente, se localise le plus généralement dans la pâte. Rappelons que nous n'avons rencontré ni quartz, ni corindon dans les échantillons étudiés.

D'autre part, l'homogénéité de la pâte s'oppose fréquemment à l'hétérogénéité des concrétions. Celles-ci peuvent être constituées par une succession d'enveloppes de nature minéralogique différente ; ainsi on observe un noyau formé par l'association de boehmite et de diaspore ferrifères, puis des zones à boehmite, pouvant parfois s'associer à la kaolinite, ou d'autres zones plus riches en hématite ; des fractures ou des fissures apparaissent comblées par des cristallisations ultérieures de gibbsite ou de diaspore, le tout étant extrêmement variable d'un pisolite à l'autre. Parfois, ceux-ci sont enveloppés d'une coque externe très mince de kaolinite qui

Source : MNHN, Paris

donne aux concrétions une couleur blanche superficielle : le pisolite rouge à enveloppe blanche se situe le plus souvent dans une pâte formée de boehmite et de kaolinite ; c'est quelquefois une coque brun noirâtre en bématite qui recouvre la concrétion.

Si l'étude des bauxites elles-mêmes nous livre certains aspects des processus de leur genèse, les conditions dans lesquelles s'opère le contact avec les roches sous-jacentes paraissent également riches en enseignement. Nous avons en effet constaté que le mur pouvait être formé soit par des calcaires, soit par des calcaires magnésiens. Il ne s'agit pas toujours, comme on le dit souvent, d'un soubassement dolomitique à proprement parler, mais souvent d'un calcaire contenant plus ou moins de dolomie ; celle-ci, moins attaquable, résiste à l'altération, et, dans la zone de contact, on observe en fait une sorte de sable constitué par des grains de dolomie cimentés par de la kaolinite, que l'on peut probablement considérer comme résiduelle, provenant de l'attaque des calcaires. La zone sableuse du contact mur-bauxite, parfois blanche ou blanc rosé, parfois rouge franc, est dans la plupart des cas de faible épaisseur, quelques centimètres ou même moins, mais la zone de pénétration kaolinito-ferrique dans le substratum peut atteindre en certains points, comme à Mazaugues, une profondeur de plusieurs mètres. Aucune des théories précédemment évoquées pour la genèse des bauxites ne tient compte ni des données minéralogiques, ni des caractères de structure que nous venons de rappeler.

Aussi, en utilisant nos observations et en les rapprochant d'expériences réalisées au laboratoire, nous a-t-il semblé nécessaire de proposer une nouvelle hypothèse, minéralogiquement plus conforme aux faits.

Il est vraisemblable qu'à la base des masses bauxitiques, donc au sommet du mur émergé et s'altérant peu à peu, il s'est primitivement réalisé une zone de décalcification, d'épaisseur variable et certainement irrégulière ; en effet, ces bancs calcaires se sont creusés, devenant karstiques, présentant des effondrements, et une partie des matériaux d'altération de la surface s'est trouvée entraînée dans des dépressions, soit par des forces mécaniques (éboulements), soit par les pluies (coulées de boues), le tout sensiblement sur place. Cette zone de décalcification autochtone, argileuse, a pu être ou non rubéfiée, selon les conditions locales du climat permettant ou non la précipitation du fer ferrique. Mais, vu le climat tropical humide qui régnait à cette époque d'émersion, il est non moins vraisemblable que sont apparus en de nombreux points des produits latéritiques (1) couvrant probablement de larges surfaces.

Le lessivage de ces produits par des eaux riches en matières organiques dont le pH était bas a fourni des solutions contenant des ions Al et Fe. Ce phénomène est fréquent sous les climats tropicaux ; actuellement encore, on trouve en Guyane des eaux bleutées, riches en alumine, dont le pH est voisin de 4. Ces solutions, dans leur migration vers les nappes, ont apporté dans les régions karstiques les éléments nécessaires à la formation des bau-

(1) Cette expression est prise dans son sens large d'ensemble de produits d'altération à couleur dominante rouge.

Source : MNHN, Paris

xites : tout d'abord, en arrivant dans les poches creusées dans les calcaires, leur pH s'est élevé brusquement au contact des carbonates. Or nous avons constaté au laboratoire que, dans de telles conditions, il se forme de la boehmite ; le fer suit l'aluminium et ce dernier lui impose la structure de son hydroxyde ; l'une de nous a ainsi obtenu des mixtes de synthèse (1) qui étaient identiques à la boehmite ferrifère trouvée dans nos échantillons. Ainsi, d'après cette théorie, les bauxites seraient fondamentalement des roches de précipitation chimique, les parties rouge foncé correspondant à des solutions riches en fer, les parties claires à des apports moins ferrifères. L'association de l'hématite aux boehmites ferrifères s'explique également, toujours sur la base des essais expérimentaux. Nous savons en effet que ce minéral a pu être obtenu par précipitation de solutions aqueuses à la température ordinaire, à l'air libre et après un faible vieillissement, de l'ordre de huit jours à 80°. Ces conditions sont facilement réalisées sous climat tropical. Or hématite et boehmite sont en fait les deux constituants les plus constants des bauxites du midi de la France.

Selon toute vraisemblance, au moment de la précipitation, le mixte hydroxyde (Al + Fe) était à l'état de gel, mais ces formations amorphes n'ont été que transitoires, le vieillissement amenant la cristallisation ; ceci explique que les roches actuelles ne présentent plus trace des « gels aluminoferriques » signalés par beaucoup d'auteurs. De plus, si nous avons mis en évidence la boehmite et le diaspore ferrifères, il n'est pas impossible qu'il se soit également précipité des hématites légèrement alumineuses, puisqu'il s'en forme par synthèse (2), mais celles-ci sont difficiles à caractériser en tant que telles ; toutefois leur présence pourrait expliquer un léger excès d'aluminium difficile à interpréter dans les reconstitutions minéralogiques virtuelles.

L'étude détaillée des pisolites nous a montré que, dans bien des cas, un seul d'entre eux pouvait être formé par un mélange de boehmite et de diaspore, ferrifère ou non ; on peut même y observer de la gibbsite : cette dernière ne cristallise pas forcément dans des fissures postérieures au dépôt primitif ; c'est souvent du diaspore pur qui apparaît dans ces fractures. Il semble d'ailleurs que le diaspore ferrifère soit toujours uni à une certaine proportion, plus ou moins importante, de boehmite. Or, d'après ce que l'on sait des conditions de précipitation des trois hydroxydes, ils devraient se former dans des milieux très différents. Dans le cas des pisolites zonés, on peut penser que, d'une pellicule à l'autre, les conditions se sont modifiées.

Quoiqu'il en soit, l'ensemble évolue sur place, au fur et à mesure des apports de solutions, donnant naissance aux pisolites d'abord, avec ou sans leurs zones diverses, au ciment ensuite. Ce sont les conditions physicochimiques du milieu qui ont imposé la nature minéralogique de ces roches ; autrement dit, à part des remaniements mécaniques, ces formations présenteraient encore actuellement la plupart des caractères essentiels qu'elles possédaient lors de leur mise en place.

(1) S. Caillère et S. Hénin, 1961.
(2) S. Caillère, L. Gatineau et S. Hénin, 1960,

Source : MNHN, Paris

Par ailleurs, de même que, dans le cas des minerais de fer, les hydroxydes de fer étaient susceptibles de faciliter l'apparition des oolithes. Il semble que les hydroxydes d'aluminium se montrent favorables au développement des concrétions. On a en effet constaté qu'une roche formée de boehmite (échantillon du Thoronet) était pisolitique à toute échelle, la « pâte » n'étant elle-même qu'un assemblage de très petits pisolites ; par contre (échantillon de Cabasse), une roche rougeâtre formée de kaolinite colorée par de l'hématite s'est montrée dépourvue de concrétions. Cependant la règle n'est pas absolue : quelques bauxites boehmitiques « denses » de l'Hérault sont peu pisolitiques.

Donc, comme les minerais de fer, les bauxites proviendraient d'une précipitation chimique à partir d'ions en solution venant de plus ou moins loin, leur composition minéralogique reflétant les conditions du milieu de formation : milieu en général oxydant dont le pH est élevé.

En certaines régions, cependant, il est possible que le dépôt s'effectue dans des zones peut-être plus profondes, à l'abri de l'air, et dans un milieu encombré de débris organiques (principalement végétaux) ; là, le potentiel d'oxydoréduction est négatif et dans ces conditions il se forme des composés ferreux : tel serait le cas pour des bauxites de l'Ariège, en particulier à Durban et à Péreille ; ces roches grises, riches en pyrite, montrent à leur partie supérieure des produits charbonneux et sont d'ailleurs, au toit, recouvertes de couches de lignite.

En ce qui concerne les silicates, il semble que les conditions de milieu précédemment envisagés — pH brusquement élevé au contact des carbonates — ne soient pas susceptibles de donner des néoformations de type kaolinite. Celle-ci ne se déposerait, localement, à certaines périodes (pisolites), ou dans tout l'ensemble en fin de cycle (pour former les pâtes), que dans des conditions autres : c'est-à-dire à partir de solutions enrichies en silice et dans un milieu où le pH resterait bas, tout au moins où il ne subirait plus une élévation brusque, les solutions n'arrivant pas en contact direct avec les calcaires du mur, vu l'accumulation des matières bauxitiques déjà formées, et dans un milieu où le drainage est faible.

En conséquence des faits décrits et des expériences réalisées au laboratoire nous pouvons essayer de retracer de la façon suivante l'histoire des bauxites du midi de la France, en séparant, pour la commodité de l'exposé, des phénomènes qui ont dû s'interpénétrer et se répéter au cours de la longue durée de la période d'émersion et d'érosion.

A. — 1° Formation, à la surface des calcaires, d'une certaine masse d'argiles de décalcification, autochtones ou parautochtones (par suite des effondrements de karsts entraînant des éboulements).

2° Possibilité d'arrivée sur ces argiles de décalcifiaction, à la suite de bouleversements de terrains (effondrement de cuirasses, glissements divers), de produits latéritiques et de « terra rossa » provenant d'un horizon supérieur, plus ou moins voisin. Il est possible également que les vents aient pu contribuer à la formation du matériau primitif par l'apport de poussières très fines venant de plus loin encore.

Source : MNHN, Paris

B. — Sur cet ensemble, deux processus essentiels ont pu jouer :

D'une part, dans un horizon donné, stable pendant une certaine période, les modifications saisonnières du niveau des nappes aquifères vers lesquelles percolent les solutions apportant les ions Si, Al et Fe déterminent, suivant l'intensité du drainage, la proximité de la nappe et la valeur du pH, des variations dans la nature des précipitations chimiques. D'une façon générale, au-dessus du niveau de la nappe, si le pH peut s'élever brusquement, les hydroxydes d'aluminium précipitent sous forme de concrétions, entraînant tout ou partie du fer. Lorsque la masse plus ou moins boueuse se trouve au niveau de la nappe, le lessivage est plus faible, le pH reste bas, la kaolinite a tendance à apparaître.

D'autre part, par suite de l'effondrement du fond des karsts bouleversant l'horizon où s'effectue la bauxitisation, des modifications brutales entraînent un mélange et un brassage de tous les éléments (d'où l'aspect bréchique de certaines bauxites). Dans cette masse plus ou moins pâteuse, continuent à arriver de nouvelles solutions chargées d'ions qui précipitent à leur tour, reprenant des pisolites anciens qui acquièrent une structure zonée et en formant de nouveaux : c'est ainsi que l'on peut expliquer les mélanges si fréquents d'hydroxydes divers associés dans une même concrétion et c'est ainsi que l'on voit des concrétions voisines présenter de grandes variations dans leur composition chimique et leur texture. Des épisodes silicatés ou ferrugineux peuvent aboutir à l'enrobement des pisolites dans une coque de kaolinite ou d'hématite, l'ensemble étant englobé dans un ciment d'une autre nature.

Dans la plupart des cas, il semble que des conditions favorables à la précipitation massive de la kaolinite aient terminé le cycle, le silicate étant le plus souvent l'élément essentiel des « pâtes ». Notons qu'elles sont d'autant plus ferrugineuses que l'on se trouve plus au fond de la poche ou plus près du mur. C'est également en ces points que l'on observe les concentrations de manganèse.

L'ensemble de ces processus explique la zone kaolinique toujours présente au contact bauxite calcaire ; elle serait un résidu des argiles de décalcifications primitives, plus ou moins remaniées sur place.

Quant à l'épisode silicaté que l'on observe au toit d'un grand nombre de gisements, le plus souvent peu ou pas ferrifère, il serait de néogenèse, indiquant la fin des conditions de bauxitisation, en particulier la diminution des apports d'ions Al et surtout d'ions Fe, allant de pair avec un affaiblissement du drainage.

Ces périodes de précipitation suivies de remaniements ont pu être séparées dans le temps ou chevaucher, et les deux processus ont vraisemblablement alterné de nombreuses fois au cours de l'histoire des bauxites, d'où l'hétérogénéité extraordinaire de certains échantillons — tout ceci d'une façon très variable suivant les gisements.

En résumé, la structure et la composition minéralogique des bauxites de France, que nous envisageons comme essentiellement des roches de précipitation, reflètent les conditions du milieu générateur ; elles présentent

Source : MNHN, Paris

encore à l'heure actuelle, nous semble-t-il, la plupart des caractères qu'elles possédaient lors de leur mise en place.

Ce schéma, basé sur les données de l'expérience, rend compte à la fois des faits observés *in situ* et des synthèses réalisées au laboratoire. Il permet de reconstituer d'une façon simple les modalités essentielles de la genèse de ces formations.

Manuscrit remis en Novembre 1964.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE DES AUTEURS CITÉS

Bardossy (Gy.), 1960. — Sur la composition et la genèse des bauxites de la Hongrie. *Ann. Inst. Geol. Publici Hungarici*, vol. 49, fasc. 4, p. 1017-1028.

— 1961. — Examen géochimique des bauxites hongroises. A Magyar allani földtani intézet alkami kiadvania, Budapest.

Berthier (P.), 1821. — Analyse de l'alumine hydratée des Beaux, département des Bouches-du-Rhône. *Ann. des Mines*, t. 6, p. 531-534.

Brindley (G. W.), 1951. — X Ray Identification and Crystal Structures of Clay minerals. *The Mineralogical Society*, London, p. 257.

— 1961. — In Brown X Ray Identification and Crystal Structures of Clay minerals. *The Mineralogical Society*, London, p. 274-275.

Brydon (J. E.), Clark (J. S.) et Vincent Osborne, 1961. — Dioctaedral chlorite. *Canad. Miner.*, 6, Part 5, p. 595-609.

Caillère (S.), Gatineau (L.) et Hénin (S.), 1960. — Préparation à basse température d'hématite alumineuse. *C. R. Ac. Sc.*, t. 250, p. 3677.

Caillère (S.) et Hénin (S.), 1963. — Minéralogie des argiles. Un vol., 355 pp., Masson, Paris.

— — 1961. — Préparation d'hydroxydes mixtes d'aluminium et de fer. *C. R. Ac. Sc.*, t. 253, p. 690.

Caillère (S.), Hénin (S.) et Pobeguin (Th.), 1962. — Présence d'un nouveau type de chlorite dans les « bauxites » de Saint-Paul-de-Fenouillet (Pyrénées-Orientales). *C. R. Ac. Sc.*, t. 254, p. 1657.

Caillère (S.) et Kraut (F.), 1954. — Les gisements de fer du Bassin lorrain. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Série C, Sciences de la Terre, t. 4, fasc. 1, p. 1-192.

Caillère (S.) et Pobeguin (Th.), 1961. — Sur les minéraux ferrifères des bauxites. *C. R. Ac. Sc.*, t. 253, p. 288.

— — 1962. — Boehmite et diaspore ferrifères dans une bauxite de Péreille (Ariège). *C. R. Ac. Sc.*, t. 254, p. 137.

— — 1963. — Nouvelle contribution à l'étude des bauxites de Saint-Paul-de-Fenouillet (Pyrénées-Orientales). *C. R. Ac. Sc.*, t. 257, p. 2686.

Denizot (G.), 1939. — Notice Titres et Travaux. Une broch. 108 pp. Imprimerie Marseillaise, Marseille.

Duboul-Razavet (C.) et Perinet (G.), 1959. — Sur la composition minéralogique des bauxites des Alpilles. 84e *Congrès des Soc. Sav.*, Dijon, p. 397-404.

Source : MNHN, Paris

DUFRENOY (A.), 1837. — Minéralogie, t. 3, p. 799.

ENGELHARDT (W. von), MÜLLER (G.) et KROMER (H.), 1962. — Dioktaedrischer Chlorit « Sudoït » in Sedimenten des Mittleren Keupers von Plochingen (Württ.). *Naturwissensch.*, 9, p. 205-206.

ERHART (H.), 1956. — La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Un vol., 88 pp. Coll. Évolution des Sciences, Masson, Paris.

GEORGE (P.), 1935. — La région du Bas-Rhône. Un vol., 691 pp. Thèse Lettres, Baillère et fils, Paris.

LAPPARENT (A. F. DE). — Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France « Alpes et Provence » (22-28 Septembre 1956).

LAPPARENT (J. DE), 1930. — Les bauxites de la France méridionale. *Mém. Carte géol. de Fr.*, 1 vol., 186 pp., 54 fig., 9 pl.

— 1935. — Les hydroxydes d'aluminium des argiles bauxitiques de l'Ayrshire (Écosse). *Bull. Soc. Fr. Minér.*, t. 58, p. 246-342.

LAGACHE (M.), 1964. — Sur les conditions de formation de la boehmite, de la kaolinite et de la muscovite, par altération de l'albite à 200° en présence de CO^2. *C. R. Ac. Sc.*, t. 258, p. 3515.

MACKENZIE (R. C.), 1957. — The differential thermal investigation of clays. *Mineral. Soc.*, London, 1 vol., 456 pp.

MILLOT (G.), 1964. — Géologie des argiles. Un vol., 499 pp., Masson, Paris.

MOTTA (F.) et ROCH (Ed.), 1962. — Bauxites d'Espagne. Observations et interprétations. *Acta Geologica*, t. 7, fasc. 3-4, p. 285-391.

MÜLLER (G.), 1961. — Vorläufige Mitteilung uber ein neues dioktaedrisches Phyllosilikat der Chlorit - Gruppe. *N. Jahrb.*, Mh. 5, p. 112-120.

ORCEL (J.), CAILLÈRE (S.) et HÉNIN (S.), 1950. — Nouvel essai de classification des chlorites. *Miner. Mag.*, t. 29, n° 211, p. 329-340.

PEDRO (G.), 1964. — Contribution à l'étude expérimentale de l'altération géochimique des roches cristallines. Thèse, Paris, 344 p.

PERINET (G.), 1961. — Sur la nature minéralogique des pseudo-bauxites. *C. R. Ac. Sc.*, t. 252, p. 3603.

POBEGUIN (Th.). — Voir CAILLÈRE.

RAGUIN (E.), 1940. — Géologie des gîtes minéraux. Un vol., 613 pp., 138 fig., Masson, Paris.

ROCH (Ed.), 1959. — La genèse des bauxites de Provence et du Bas-Languedoc. Ann. *Hébert et Haug*, t. 9, p. 11-68, 4 pl.

— 1962. — A propos des bauxites françaises. *Bull. du B.R.G.M.*, n° 4, p. 35-39.

VALETON (I.), 1962. — Petrographie und Genese von Bauxitlagerstätten. *Sonderdruck aus der Geolog. Rundschau*, Bd. 52, p. 448-474.

VALETON (I.) et KLINT (W.), 1962. — Petrographie der Bauxite von Mazaugues, Südfrankreich. *Sonderdruck aus der Geolog. Rundschau*, Bd. 52, p. 475-492.

WATERMAN (G. C.), 1962. — Quelques aspects chimiques de la genèse des bauxites de la Jamaïque. *Economic Geology*, vol. 57, p. 829-830.

WYART (J.), OBERLIN (A.) et TCHOUBAR (C.), 1963. — Étude en microscopie et microdiffraction électroniques de la boehmite formée lors de l'altération de l'albite. *C. R. Ac. Sc.*, t. 256, p. 554, 1 pl.

ZANS (V. A.), LEMOINE (R. C.) et ROCH (Ed.), 1961. — Genèse des bauxites caraïbes. *C. R. Ac. Sc.*, t. 252, p. 3302.

Source : MNHN, Paris

APPENDICE

TABLEAU RÉCAPITULATIF DE L'ÉTUDE DES ÉCHANTILLONS A L'AIDE DES RAYONS INFRAROUGES

Source : MNHN, Paris

BAUXITES DES BOUCHES-DU-RHONE

Mas de la Guerre				
BAUXITES A PATE CLAIRE	Pm 1101	pâte beige clair	:	*kaolinite* + un peu de boehmite
		plaque brillante blanche dans la pâte	:	*kaolinite* . Dans une cuve, traces de gibbsite ou diaspore et un peu de boehmite
		pisolites rougeâtres	:	*gibbsite* (avec un peu de diaspore), *boehmite* et un peu de kaolinite
		pisolite rouge foncé	:	*gibbsite* + *diaspore* (+ hématite)
		Intérieur clair d'un pisolite	:	*boehmite* + diaspore
		zone rouge foncé externe du même	:	*boehmite* + diaspore
	Gi 6573	pâte beige clair	:	*kaolinite* + traces de boehmite
		pisolite brun foncé	:	*gibbsite* + un peu de kaolinite et un peu de boehmite
		parties centrales claires d'un pisolite	:	*boehmite* + un peu de kaolinite
		poudre de pisolites (analyses)	:	*boehmite* et *gibbsite* – traces de kaolinite
BAUXITE TIGRÉE	Gi 6574	parties blanches : pâte blanche	:	*kaolinite* + un peu de boehmite et de diaspore
		parties blanches : pisol. rouge foncé	:	*boehmite* + un peu de kaolinite (+ hématite)
		parties rouges : pâte rouge	:	*kaolinite* + boehmite – traces de diaspore
		parties rouges : pisol. foncé	:	*kaolinite* + *boehmite* (+ hématite)
		parties rouges : pisol. foncé	:	*boehmite* – *diaspore ferrifère* – traces de kaolinite (+ hématite)
BAUXITES A PATE ROUGE	Pm 1100	poudre pour analyses	:	*kaolinite* + *boehmite* – traces de diaspore ou de gibbsite
		pâte rouge	:	*kaolinite* + boehmite
		pisolite brun noir	:	*diaspore* – un peu de kaolinite
		pisolite brun métallique	:	traces boehmite et diaspore ferrifère – (*hématite*)
		pisolite rougeâtre	:	*boehmite* + kaolinite
		capsule blanche	:	*kaolinite*
		masses blanchâtres dans la pâte : parties blanc rosé	:	*kaolinite* + boehmite + diaspore
		masses blanchâtres dans la pâte : parties blanc grisâtre	:	*boehmite* + kaolinite + diaspore
		petit galet jaune ocre	:	*boehmite* + gibbsite
	Gi 6572	pâte rouge	:	*kaolinite* + traces faibles de boehmite
		pisolite brun foncé	:	traces de boehmite – (*hématite*)
		parties jaune ocre	:	*boehmite* + kaolinite
	Gi 4484	pâte rouge	:	*boehmite* + kaolinite
		pisolite brun foncé	:	*boehmite* + traces de kaolinite (+ hématite)

Source : MNHN, Paris

Les Canonettes	Bauxite pisolitique	pâte rouge (avec cristaux)	:	*boehmite* + *gibbsite* + *calcite* – traces de kaolinite
		pisolite : intérieur clair	:	*diaspore* + *gibbsite* + kaolinite – un peu de boehmite
		pisolite : croûte externe foncée	:	*gibbsite* – un peu de hoehmite
		poudre pour analyses	:	*gibbsite* + *boehmite* – un peu de diaspore – calcite – traces de kaolinite
Mas Rouge	Bauxite pisolitique	pâte rose	:	*kaolinite* – un peu de boehmite
		pisolites (rouges à capsule blanche)	:	*boehmite ferrifère* – diaspore ferrifère – traces de kaolinite
Kirbon	Bauxite zonée	zones blanches	:	*boehmite* + *kaolinite* + *calcite*
		bande crème contre les zones rouges	:	*boehmite* + kaolinite – un peu de calcite
		zones rouges	:	*boehmite* + kaolinite – traces de calcite
Mont Paon	Bauxite pisolitique	pâte rouge (à cristaux)	:	*boehmite* + kaolinite + calcite
		zone à cristaux	:	*calcite* – boehmite + kaolinite
		pisolite dur gris rosé	:	*boehmite* + *diaspore*

BAUXITES DU VAR

ZONE NORD DE BRIGNOLES

Le Thoronet	mine de Rigoulier	bauxite blanche	:	*boehmite* – un peu de kaolinite – traces de gihbsite
	Gi 4483	poudre pour analyses	:	*boehmite* – un peu de goethite – traces de diaspore
		conglomérat fin entourant les pisolites	:	*boehmite* – goethite
		partie rosée du conglomérat (pâte)	:	*boehmite* – traces de goethite
		pisolite rouge brun	:	*diaspore* + *boehmite*
		pisolite rouge plus clair	:	*boehmite* + *diaspore*
		petit galet dur gris foncé	:	*boehmite*
Le Recon	contact au mur	enduit rouge chocolat	:	*kaolinite* (+ hématite)

Source : MNHN, Paris

Cabasse	**Gi 4482**	poudre pour analyses	:	*kaolinite* (un peu de diaspore visible aux rayons X)
		pâte rouge brique foncé	:	*kaolinite*
		pisolites brun noir	:	kaolinite (+ *hématite*)
		petits nodules blancs	:	*kaolinite*
		nodules ferrugineux	:	kaolinite (+ *hématite*)
Vins-sur-Caramy	**A**	poudre pour analyses	:	*boehmite* – un peu de diaspore – traces de kaolinite et de gibbsite – (hématite)
		masse rouge fondamentale	:	*boehmite*
		zones blanches	:	*kaolinite*
		zones ocres	:	*boehmite* – un peu de kaolinite – un peu de goethite
		couche ocre autour d'un pisolite	:	*boehmite* – goetbite – traces de kaolinite et de diaspore
		centre d'un pisolite rouge	:	*boehmite* + diaspore (+ hématite)
	B	poudre pour analyses	:	*boehmite* – faibles traces de kaolinite
	C	poudre pour analyses	:	*boehmite* – traces de kaolinite et de diaspore (+ hématite)
	D	poudre pour analyses	:	*boehmite* – traces de kaolinite et de goethite (+ hématite)
	E	poudre pour analyses	:	*boehmite* – nn peu de kaolinite (+ hématite)
	F	poudre pour analyses	:	*boehmite* – kaolinite (+ hématite)
		pâte rose	:	*boehmite* + kaolinite
		gros pisolite rouge	:	*boehmite*
		pisolite rouge brun foncé	:	*boehmite* (+ hématite)
	G	parties beige rosé	:	*boehmite* + kaolinite
		pisolite rouge	:	*boehmite* (beaucoup d'*hématite* visible à l'œil nu dans les pisolites)
	H	masse fondamentale rouge	:	*boehmite* – traces de diaspore
		pisolite rouge	:	*boehmite* + diaspore
		petits cristaux sur la surface érodée externe	:	*calcite* et *quartz*
	Gi 4481	poudre pour analyses	:	*boehmite* + kaolinite

Source : MNHN, Paris

Le Val	Gi 4480	pâte rouge	:	*boehmite* – faibles traces de kaolinite
		gros pisolite rouge foncé	:	*boehmite* – traces de diaspore
		fragments brun foncé métalliques	:	*boehmite* – diaspore (+ hématite)
Ollières	Gi 6076	parties blanches	:	*kaolinite*
		parties rouges	:	*kaolinite*

BRIGNOLES ET ZONE SUD

Brignoles	Pm 1106	pâte blanche	:	*kaolinite* + gibbsite
		petits pisolites brun rouge	:	un peu de boehmite – traces de gibbsite ou de diaspore (*hématite*)
	Gi 6391	pâte { parties blanches	:	*kaolinite* – un peu de boehmite
		pâte { parties rosées	:	*kaolinite* – traces de boehmite
		pisolites rouges	:	*diaspore ferrifère* + boehmite
	Gi 2048	poudre pour analyses	:	*kaolinite* + boehmite – gibbsite ou diaspore
		pâte blanche	:	*kaolinite* + *boehmite* + *gibbsite*
		pisolite rouge	:	*boehmite* – traces de kaolinite et probablement de diaspore ferrifère
		petit grain très dur dans le pisolite	:	un peu de gibbsite et de boehmite – (*hématite*)
	Pm 1105	bauxite rouge	:	*boehmite ferrifère* – traces de kaolinite
Ingardin	Carotte de sondage	1 - partie blanche encaissante au sommet	:	*calcite* – un peu de dolomite – traces de kaolinite
		2 - partie blanche dans la masse	:	*calcite* – très peu de dolomite
		3 - fragment bréchique blanc	:	*calcite* – traces de dolomite
		4 - filon blanc brillant	:	*calcite* pure
		5 - lamelles gris rosé à la surface (sommet)	:	*calcite* + *dolomite* – traces de kaolinite – faibles traces de boehmite
		5 *bis* - lamelles dégagées	:	*dolomite* + *calcite* – traces de boehmite et de kaolinite
		6 - zone sableuse – contact vertical	:	*calcite* – *kaolinite* – un peu de boehmite
		7 - pâte rouge près du contact (sommet)	:	*boehmite* – traces de kaolinite et de calcite
		8 - pâte rouge dans la masse	:	*boehmite* – traces de calcite
		9 - 9 *bis* - pisolites brun foncé	:	*boehmite* (+ hématite)
		10 - pisolite rouge brun moins foncé	:	*boehmite* + *diaspore*
		11 - partie rosée sur la surface de base	:	*calcite*, boehmite et kaolinite

Source : MNHN, Paris

Mazaugues	Bauxite violacée	pâte rose violacée	:	*boehmite* + kaolinite
		pisolites violacés plus foncés	:	*boehmite* + kaolinite
	Carotte de sondage dans le mur	masse rouge	:	*dolomite* + *kaolinite*
		parties blanches dans la masse	:	*dolomite* – traces de kaolinite
		zones jaune ocre	:	*kaolinite* + *goethite* – un peu de dolomite
		petits pisolites rouge brun foncé	:	un peu de kaolinite (*hématite*)
Le Revest	Bauxite chocolat	pâte rouge foncé	:	*boehmite* – un peu de kaolinite

BAUXITES DE L'HÉRAULT

RÉGION DE BÉDARIEUX-CARLENCAS

Bédarieux	Bauxite blanche dense	partie blanche	:	*boehmite* + kaolinite – du diaspore
		partie rose	:	*boehmite* + kaolinite
	Bauxite blanche pisolitique	pâte blanche	:	*kaolinite* + *boehmite*
		pisolites brun rouge	:	*boehmite* + kaolinite
Carlencas	G. 6	bauxite blanche	:	*boehmite* – traces de kaolinite – du diaspore
	G. 7	pâte blanche	:	*boehmite* – un peu de kaolinite et de diaspore
		pisolites brun rouge	:	*boehmite ferrifère* – (hématite)
	G. 8	pâte blanche	:	*boehmite* + kaolinite
		zones rougeâtres	:	*boehmite* + *kaolinite*

Source : MNHN, Paris

Bédarieux	Bauxites rouges pisolitiques	Gi. 7456	masse rouge	:	*boehmite ferrifère* – traces de kaolinite
		Gi. 7457	pâte rouge	:	*boehmite ferrifère* – un peu de kaolinite
			petits pisolites blancs	:	*boehmite*
		Gi. 7458	masse rouge	:	*boehmite ferrifère* – un peu de kaolinite
	Bauxite rouge dense		pâte homogène	:	*boehmite ferrifère*
Carlencas		G. 2	bauxite rouge	:	*boehmite* – un peu de kaolinite et de diaspore
		G. 3	pâte rose	:	*boehmite* – traces de kaolinite
			pisolites blancs	:	*boehmite* + kaolinite
			gros pisolite rouge	:	*boehmite* – traces de kaolinite (+ hématite)
			gros pisolite blanc	:	*boehmite* + kaolinite + gibbsite
		G. 4	bauxite rouge	:	*boehmite* + kaolinite
		G. 5	pâte rouge	:	*boehmite* + kaolinite
			pisolite brun métallique	:	*boehmite* (+ hématite)
		G. 9	pâte rouge	:	*kaolinite* – un peu de boehmite
			pisolite brun métallique	:	*boehmite* (+ hématite)
		G. 10	bauxite rouge	:	*kaolinite* + boehmite
		G. 11	poudre pour analyses	:	*kaolinite* + goethite
			pâte rouge	:	*kaolinite*
			pâte rouge (zones un peu ocre)	:	*kaolinite* et *goethite*
			certaines parties ocre	:	*kaolinite*
			parties noires	:	traces de boehmite – (*hématite*)
			petits grains très durs dans des parties ocres	:	*kaolinite* + goethite

Source : MNHN, Paris

	G. 12	pâte rouge	: *kaolinite*
	G. 13	pâte rouge	: *kaolinite* + boehmite – un peu de diaspore
		pisolite rouge foncé	: *boehmite* – un peu de kaolinite (+ hématite)
		pisolite blanc	: *kaolinite* (un peu de boehmite), du diaspore
	G. 1 Contact	pâte rouge	: *boehmite* – très peu de kaolinite
		pisolite brun foncé	: *boehmite* + *kaolinite* – un peu de diaspore (+ hématite)
		pisolite brun métallique	: un peu de boehmite et de kaolinite — (*hématite*)
		nodules blancs (dans la pâte rouge)	: *kaolinite*
		bandes blanches au contact	: *kaolinite*
		zone de contact à MnO_2	: *kaolinite* – traces de dolomite
		dolomie sableuse au contact	: *kaolinite* – un peu de dolomite
		galets translucides	: *dolomite* (un peu de kaolinite entraînée)
		ciment blanc	: *kaolinite* (traces de dolomite entraînée

RÉGION DE SAINT-CHINIAN – PIERRERUE – CAZOULS

Saint-Chinian	Pm 1045	bauxite beige clair	: *kaolinite* – traces de gibbsite et de boehmite
Pierrerue	Bauxite tigrée	parties beiges	: *kaolinite* (traces de boehmite aux rayons X)
		parties sombres violacées	: *kaolinite*
		pisolites brun foncé	: *kaolinite* (+ hématite)
	fond de poche	pâte rouge chocolat	: *kaolinite* (+ hématite)
	Bauxite pisolitique blanchie au toit	pâte rose	: *boehmite* – un peu de kaolinite et de diaspore
		pisolite rouge brique	: *boehmite* – un peu de diaspore – traces de kaolinite
		pisolite rouge brun foncé	: *kaolinite* – faibles traces de boehmite (+ hématite)
		parties blanches	: *kaolinite* + *boehmite*
		parties grises de la pâte rose	: *boehmite* – un peu de kaolinite
		toit gris clair	: *kaolinite* (un peu de boehmite aux rayons X)

Source : MNHN, Paris

Cazouls-les-Béziers	Pm 1035	bauxite blanche veinée de rose	:	*kaolinite* – un peu de gibbsite
	Bauxite rouge	poudre pour analyses	:	*kaolinite* – un peu de boehmite – traces de gibbsite
		pâte rouge	:	*kaolinite* – traces de gibbsite et de boehmite
		surface blanche	:	*kaolinite*

RÉGION DE ST-PAUL-ET-VALMALLE ET DE VILLEVEYRAG

St-Paul-et-Valmalle	Gîte de Combe de Rat	pâte rouge orangé	:	*boehmite* – kaolinite – gibbsite
		pisolites bruns	:	*boehmite* + *kaolinite* (+ hématite)
Villeveyrac	Baux. rose pisolitique	pâte rose	:	*boehmite* – un peu de diaspore ou de gibbsite
		parties brun foncé	:	*boehmite ferrifère* – traces de kaolinite (+ hématite)
	St-Ferréol	parties blanches	:	*boehmite* + *kaolinite*
		parties roses	:	*boehmite* + *kaolinite*

BAUXITES DE L'ARIÈGE

RÉGION A L'OUEST DE FOIX

Cos	Gi 4476	pâte rouge orangé	:	*boehmite* + diaspore – traces de kaolinite *boehmite* + kaolinite – un peu de diaspore
		pâte : parties verdâtres	:	boehmite + kaolinite + gibbsite – un peu de diaspore
		pisolites rougeâtres	:	*diaspore* (ferrifère) – un peu de boehmite
		pisolites gris	:	*diaspore* (ferrifère) – un peu de boehmite
Unjat	Gi 7539	poudre pour analyses	:	*kaolinite* + *diaspore* – un peu de boehmite
		pâte rose rouge	:	*kaolinite* + boehmite et diaspore
		intérieur d'un pisolite rouge foncé	:	*diaspore ferrifère* – un peu de boehmite
		petit pisolite rouge brique	:	*kaolinite* – un peu de diaspore ferrifère – traces de boehmite
		gros pisolite dur en galet	:	*diaspore* légèrement ferrifère – un peu de boehmite

Source : MNHN, Paris

Le Bastide de Sérou	Gi 4477	pâte rose clair	: *boehmite* + kaolinite
		parties violacées	: *boehmite* + kaolinite (davantage de kaolinite)
		parties blanches	: *boehmite* – traces de kaolinite
	Gi 4477	pâte rouge orangé	: *boehmite* + diaspore – un peu de kaolinite
	Bauxite pisolitique	pâte blanche	: *boehmite* + kaolinite + diaspore
		petit pisolite rouge	: *diaspore ferrifère* – un peu de boehmite
		intérieur d'un gros pisolite rouge brun	: *boehmite* + *diaspore* (+ hématite)
Castelnau-Durban	Gorges de l'Arize	pâte couleur chocolat	: *kaolinite* + diaspore
Durban	A	pâte grise	: *kaolinite* + diaspore – un peu de boehmite (pyrite visible à la loupe)
		pisolites blanchâtres	: *kaolinite*
		pisolites pyriteux	: *kaolinite* + un peu de boehmite (beaucoup de pyrite visible à l'œil nu)
	B	pâte grise	: *kaolinite* – diaspore – (pyrite visible à la loupe)
		pisolites blancs	: *diaspore* – traces de boehmite
		pisolites pyriteux	: traces de diaspore – nodules de *pyrite* rayonnante
	C	pâte brun rouge	: *kaolinite* – traces de boehmite (+ hématite)
		dépôts blanc grisâtre	: un peu de kaolinite – une chlorite
	D	masse brun rouge	: *kaolinite* – un peu de diaspore – traces de boehmite (+ hématite)
		pisolites noirâtres	: *kaolinite* et diaspore (+ hématite)
	E	pâte rouge	: *kaolinite* + diaspore + boehmite (+ hématite)
		intérieur d'un pis. rose	: *diaspore* – boehmite + kaolinite (+ hématite)
		intérieur d'un pis. brun noir	: *diaspore* – traces de boehmite (+ *hématite*)
		intérieur d'un nodule jaunâtre	: *diaspore* – traces de boehmite
	F	pâte : parties rouges	: *kaolinite* + diaspore + boehmite
		pâte : parties blanches	: *diaspore* + kaolinite + boehmite
		pisolite brun foncé	: *goethite*
		pisolite jaunâtre clair	: *diaspore* – un peu de boehmite
		gros pisolite beige fissuré	: *diaspore* – un peu de boehmite
		pisolite rose	: *boehmite* + kaolinite + diaspore

Source : MNHN, Paris

Leseure	Gi 4479	poudre pour analyses	:	*kaolinite* – traces de boehmite
		pâte blanche	:	*kaolinite* – un peu de boehmite
		pisolite ocre	:	*boehmite* – très peu de kaolinite
		petit galet ocre rougeâtre	:	*boehmite* + kaolinite

RÉGION A L'EST DE FOIX

Pérellle	Pm 1039	poudre pour analyses	:	*boehmite* + *diaspore* – traces de kaolinite
		pâte beige pâle	:	*boehmite* – un peu de diaspore et de gibbsite – traces de kaolinite
		pisolite brun foncé	:	*boehmite ferrifère* – un peu de diaspore et de gibbsite
		pisolite brun rougeâtre	:	*diaspore ferrifère* – un peu de boehmite
		pisolite rouge	:	*boehmite et diaspore* ferrifères – traces de gibbsite
		gros pisolite foncé zoné	:	*diaspore ferrifère* – un peu de boehmite
		pisolite brun clair	:	*diaspore et boehmite* ferrifères – traces de kaolinite
		intérieur d'un pisol. grisâtre	:	*boehmite* + *diaspore*
		produit blanc dans les fissures d'un pisolite	:	*boehmite* + *diaspore*
	Pm 1038	pâte gris beige	:	*boehmite* – un peu de diaspore – traces de kaolinite
		pisolites noirâtres	:	*diaspore ferrifère* – un peu de boehmite
	Pm 1040	pâte gris beige	:	*boehmite* + diaspore + kaolinite
		pisolites	:	*diaspore ferrifère* + boehmite
	Gi 4475	pâte rose	:	*kaolinite* – un peu de boehmite
		parties rouge brique foncé	:	*kaolinite* (+ *hématite*)
	Gi 4478	pâte grise (traînées de pyrite)	:	*kaolinite* – (+ pyrite)
		intérieur d'un pisolite gris foncé	:	*kaolinite* – des traces de diaspore ou de boehmite
		intérieur jaunâtre d'un pis. à extérieur gris	:	*kaolinite* – un peu de diaspore
	3	pâte claire	:	*boehmite* – un peu de diaspore – traces de kaolinite
		pâte gris très clair	:	*boehmite* – traces de diaspore
		pisolite gris foncé	:	*boehmite* + diaspore
		pisolite gris beige	:	*diaspore* + boehmite

Source : MNHN, Paris

	4	fond noirâtre	:	*kaolinite* (+ lignite)
		pisolite gris peu altéré	:	*kaolinite* (+ *pyrite*)
	Gîte de Beychet (R. gauche)	pâte blanche	:	*boehmite* + *diaspore* – un peu de kaolinite
		enveloppe blanche des pisol.	:	*diaspore* – un peu de boehmite
		intérieur d'un pisolite gris	:	*diaspore* – un peu de boehmite
		veines blanches dans le pisolite	:	*boehmite* + *diaspore*
	Latérite (R. droite)	parties blanches	:	*boehmite* – un peu de kaolinite
		parties rouges	:	*boehmite* + diaspore – traces de kaolinite
		nodules brun noirâtre	:	*boehmite* – un peu de kaolinite (+ hématite)
	Bauxite grise (R. droite)	pâte beige pâle	:	*boehmite* + kaolinite
		pisolite gris foncé	:	(pas de bandes) – pyrite
		gros pisolite beige fissuré	:	*boehmite* – un peu de diaspore
		pisolite rouille près de la surface	:	*kaolinite*

BAUXITES DES PYRÉNÉES-ORIENTALES

RÉGION DE SAINT-PAUL-DE-FENOUILLET

St-Paul-de-Fenouillet	Pm 1043	pâte blanc grisâtre	:	*chlorite* + *diaspore*
		zone entourant un pisolite	:	*chlorite* – un peu de diaspore
	Pm 1042	pâte gris verdâtre	:	*diaspore* + chlorite
		parties rouges	:	*diaspore* + chlorite (+ hématite)
		galet gris très dur	:	*diaspore*
	Pm 1044	pâte verdâtre	:	*diaspore* + chlorite
		pisolites bruns	:	*diaspore* – un peu de chlorite (+ hématite)
		concrétions blanches	:	*diaspore*

Source : MNHN, Paris

Gîte de Brezou	**A**	pâte verte	:	*diaspore* – un peu de chlorite
		pisolite ocre rouge	:	*diaspore* – un peu de boehmite ? (hématite)
		pisolite ocre jaune	:	*diaspore* – (un peu d'hématite)
	B	pâte verte	:	*diaspore* + chlorite
		pisolite rouge brique	:	*kaolinite* + diaspore (+ hématite)
		pisolite brun noirâtre	:	*diaspore* + chlorite
	C	mur de calcaire blanc	:	*calcite* – traces de kaolinite
		bauxite verte	:	*chlorite* + *diaspore*
		partie rouge près du contact	:	*chlorite* + calcite
		partie brune près du contact	:	*chlorite* – traces de calcite
	D	pâte violette	:	*diaspore* (parfois hématite)
		pisolite rouge brun foncé	:	chlorite – diaspore – (*hématite*)
Gîte de Comme Nègre		mur de calcaire blanc	:	*calcite*
		bauxite verte	:	*chlorite* + *diaspore*
Roc Matuseu	**A**	poudre vert jaunâtre pour analyses	:	*chlorite* – *diaspore* – un peu de kaolinite
		partie externe brun violacé d'un pisolite	:	riche en chlorite
		zone plus claire du centre d'un pisolite	:	mélange de diaspore, chlorite et kaolinite
		pâte rose violacée très dure	:	très riche en *diaspore*
	B	roche verte homogène	:	*chlorite* et *diaspore*
Gîte de Roque Rouge	**Baux. verte altérée**	fragment jaune	:	*chlorite* et *diaspore*
		petit pisolite rouge	:	chlorite et diaspore – (*hématite*)

Source : MNHN, Paris

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 125

I. — MÉTHODES D'ÉTUDE 129
1) Examen au microscope polarisant 129
2) Étude thermique 129
3) Examen à l'aide des rayons X 134
4) Étude aux rayons infrarouges 134
5) Analyse chimique 136

II. — PROBLÈMES MINÉRALOGIQUES POSÉS PAR LES BAUXITES . . . 137
1) Constituants alumineux cristallisés 137
2) Constituants ferrifères cristallins 137
3) État de la silice 140

III. — DESCRIPTIONS RÉGIONALES 141
1) Bauxites des Bouches-du-Rhône. Région des Baux 141
2) Bauxites du Var 148
A. *Zone au Nord de Brignoles* 148
B. *Échantillons de Brignoles et de la zone Sud* 157
C. *Le Revest, au Nord de Toulon* 161
3) Bauxites de l'Hérault 163
A. *Région de Bédarieux-Carlencas* 163
B. *Région de St-Chinian, Pierrerue, Cazouls* 174
C. *Région de St-Paul et Valmalle et de Villeveyrac* . . . 177
4) Bauxites de l'Ariège 179
A. *Bauxites de la région à l'Ouest de Foix* 180
B. *Bauxites de la région à l'Est de Foix* 190
5) Bauxites des Pyrénées-Orientales 196
Région de Saint-Paul-de-Fenouillet 196

CONCLUSIONS 204

TABLEAU RÉCAPITULATIF de l'étude des échantillons à l'aide des rayons infrarouges 213

Printed in France. Achevé d'imprimer le 30 septembre 1965.

PIERRE ANDRÉ, IMP., 244 BOULEVARD RASPAIL. PARIS 14e.
Dépôt légal : 3e trimestre 1965.

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

Planches

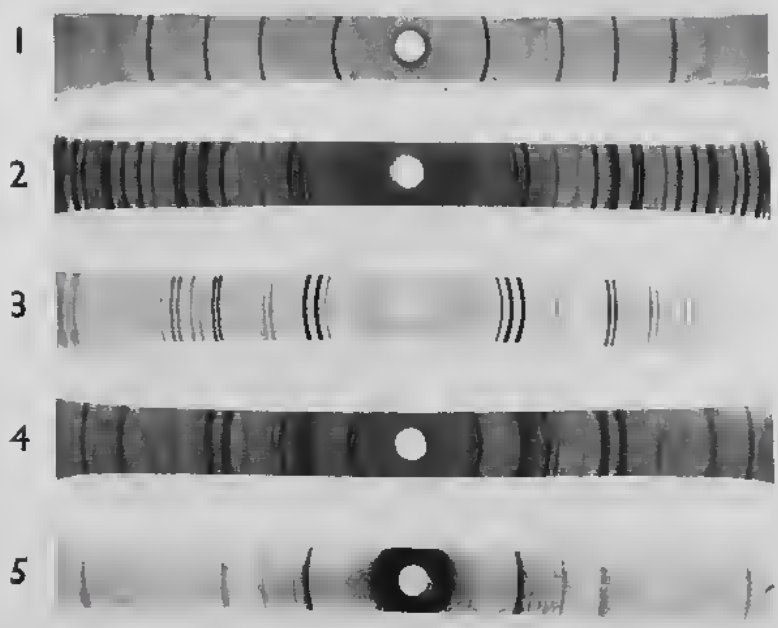
Source : MNHN, Paris

PLANCHE I

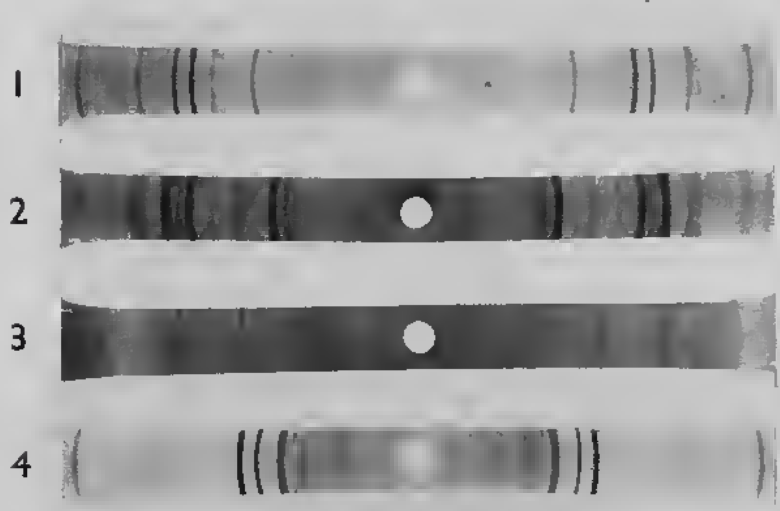
A. — Diagramme de rayons X (anticathode de cuivre) :
1, boehmite ; 2, diaspore ; 3, gibbsite ;
4, kaolinite ; 5, montmorillonite.

B. — Diagrammes de rayons X (anticathode de fer) :
1, hématite ; 2, goethite ; 3, lépidocrocite ;
4, quartz.

Source : MNHN, Paris



A



B

BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

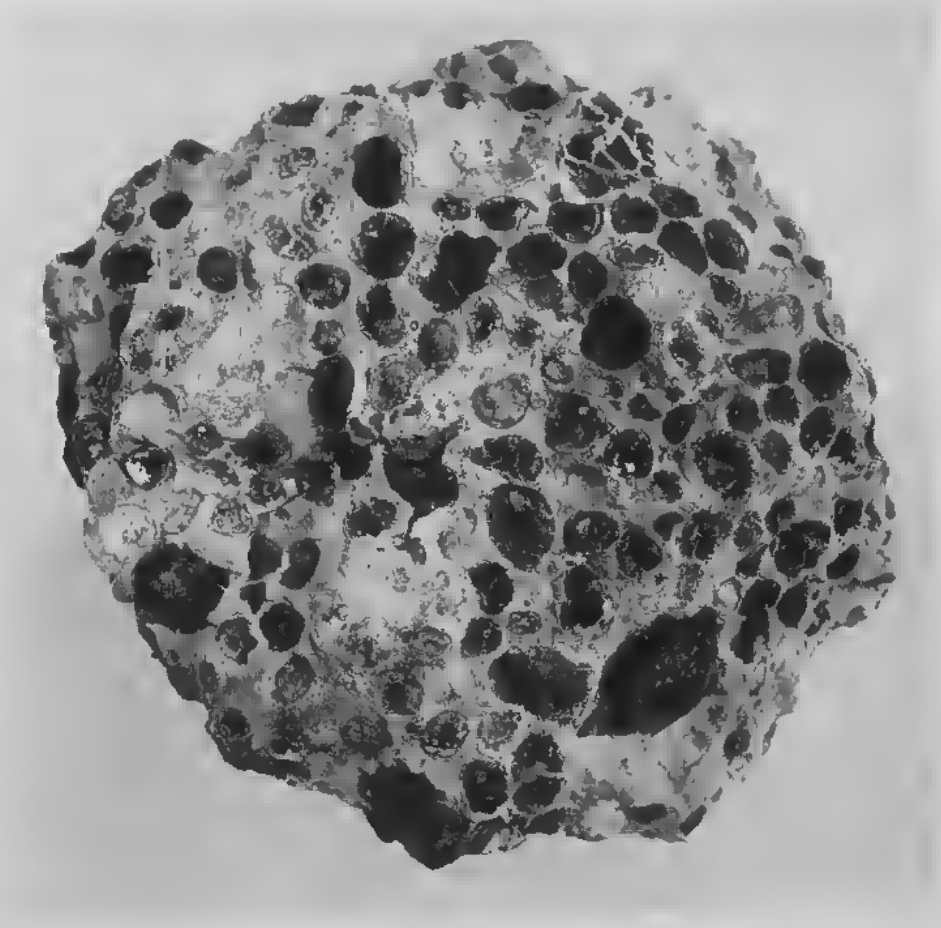
BIBL DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE II

Bauxite des Baux (Pm 1101).

Source : MNHN, Paris



BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

Source : MNHN, Paris

PLANCHE III

Bauxite tigrée des Baux Gi 6574.

Source : MNHN, Paris

BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

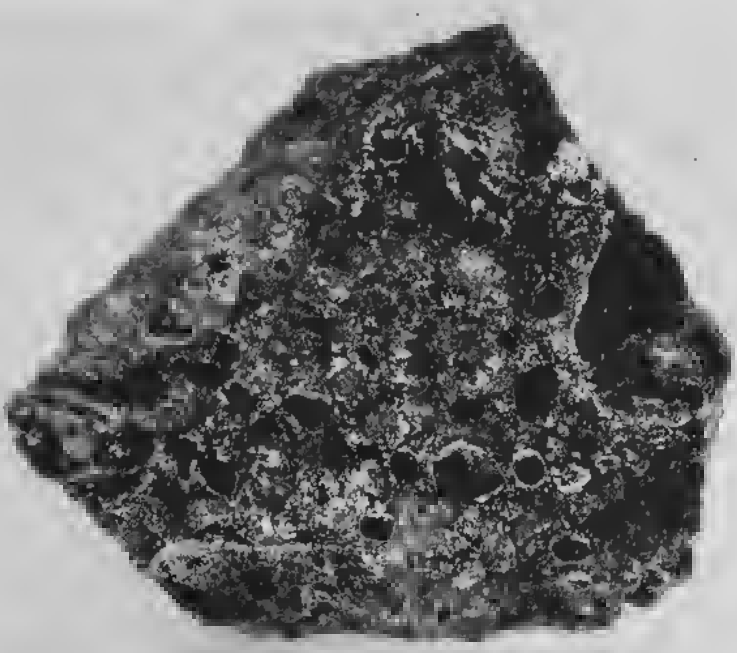
Source : MNHN, Paris

PLANCHE IV

A. — Bauxite pisolitique du Thoronet. Gi 4483.

B. — Bloc de une tonne environ dit
de Vins-sur-Caramy, commune du Thoronet.

Source : MNHN, Paris



A

B

BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

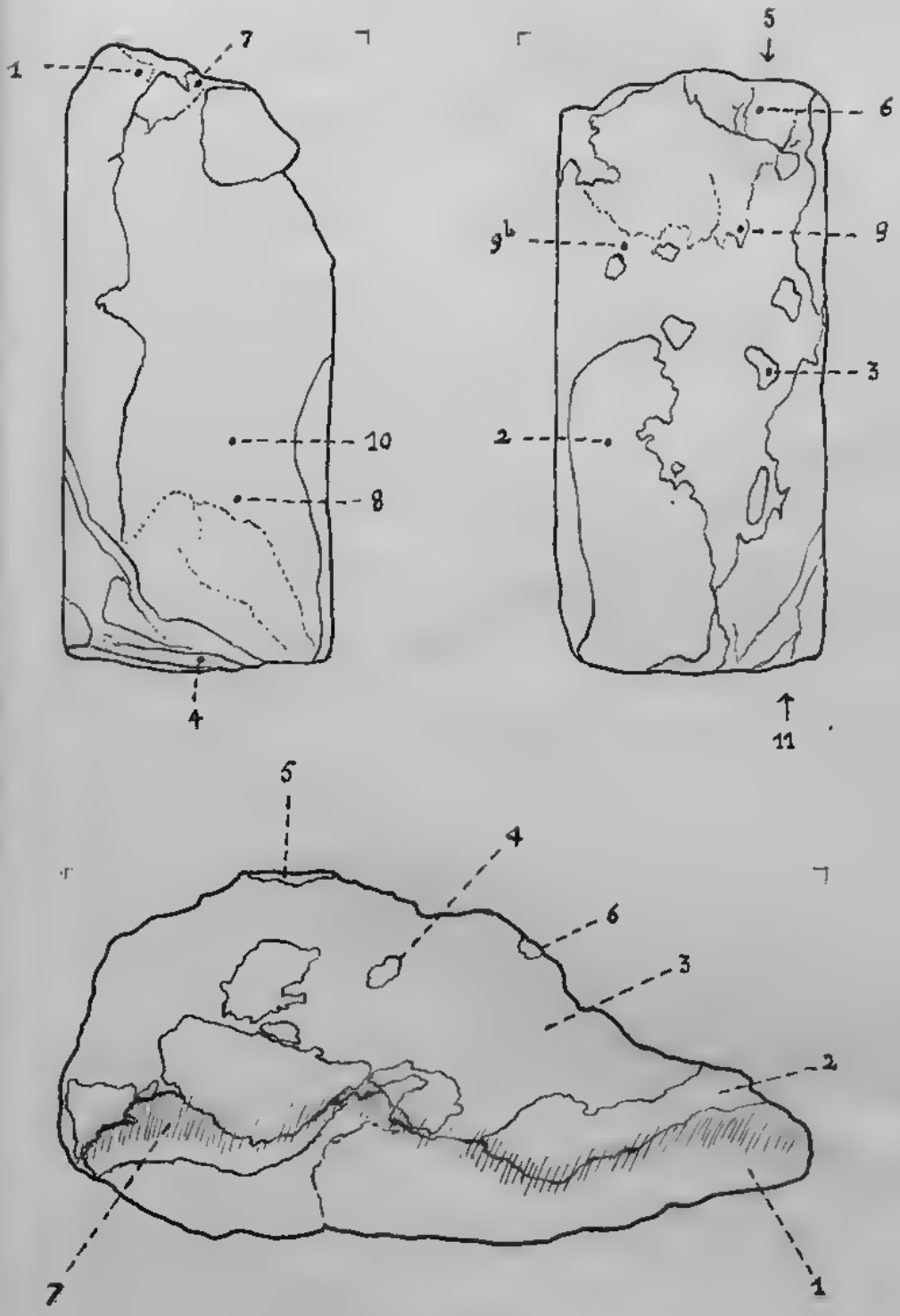
Source : MNHN, Paris

PLANCHE V

A. — Bauxite d'Ingardin (carotte de sondage).

B. — Bauxite au contact de la dolomie jurassique. Carlencas (Hérault). 1, Substratum ; 2, Zone blanche ; 3, Pâte rouge ; 4, Pisolite brun rouge riche en boehmite ; 5, Pisolite ferrugineux riche en hématite ; 6, Nodule blanc : kaolinite ; 7, Zone à MnO^2.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

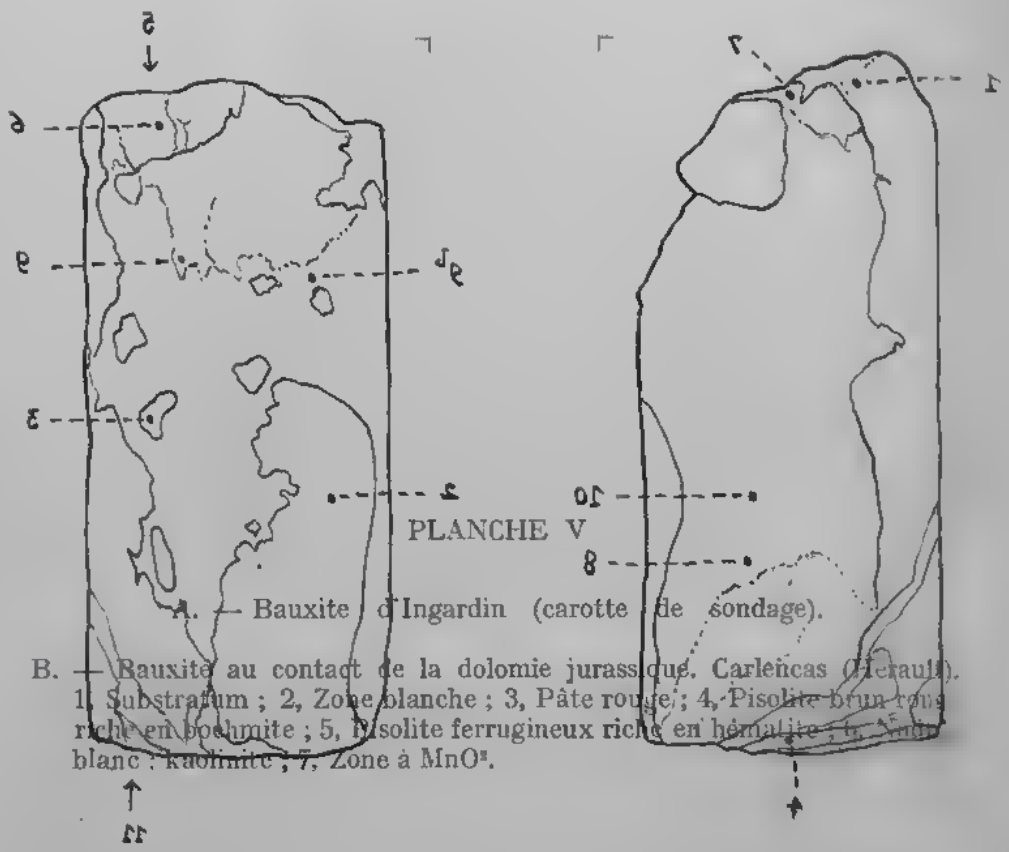
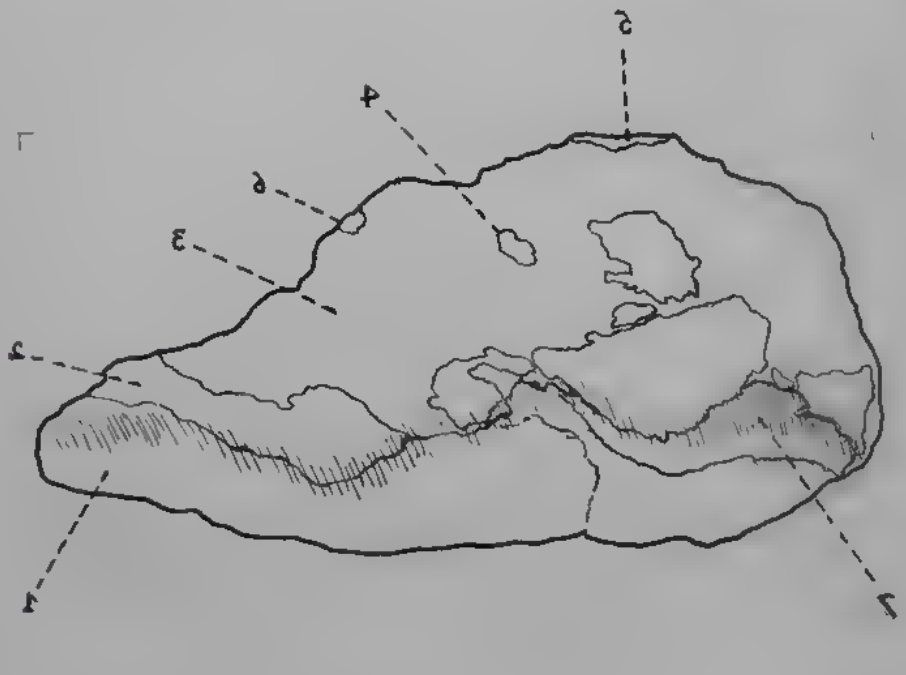


PLANCHE V

A. — Bauxite d'Ingardin (carotte de sondage).

B. — Bauxite au contact de la dolomie jurassique. Carlencas (Hérault). 1, Substratum ; 2, Zone blanche ; 3, Pâte rouge ; 4, Pisolite brun rouge riche en boehmite ; 5, Pisolite ferrugineux riche en hématite ; 6, Zone blanc ; kaolinite ; 7, Zone à MnO^2.



Source : MNHN, Paris

A

B

BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

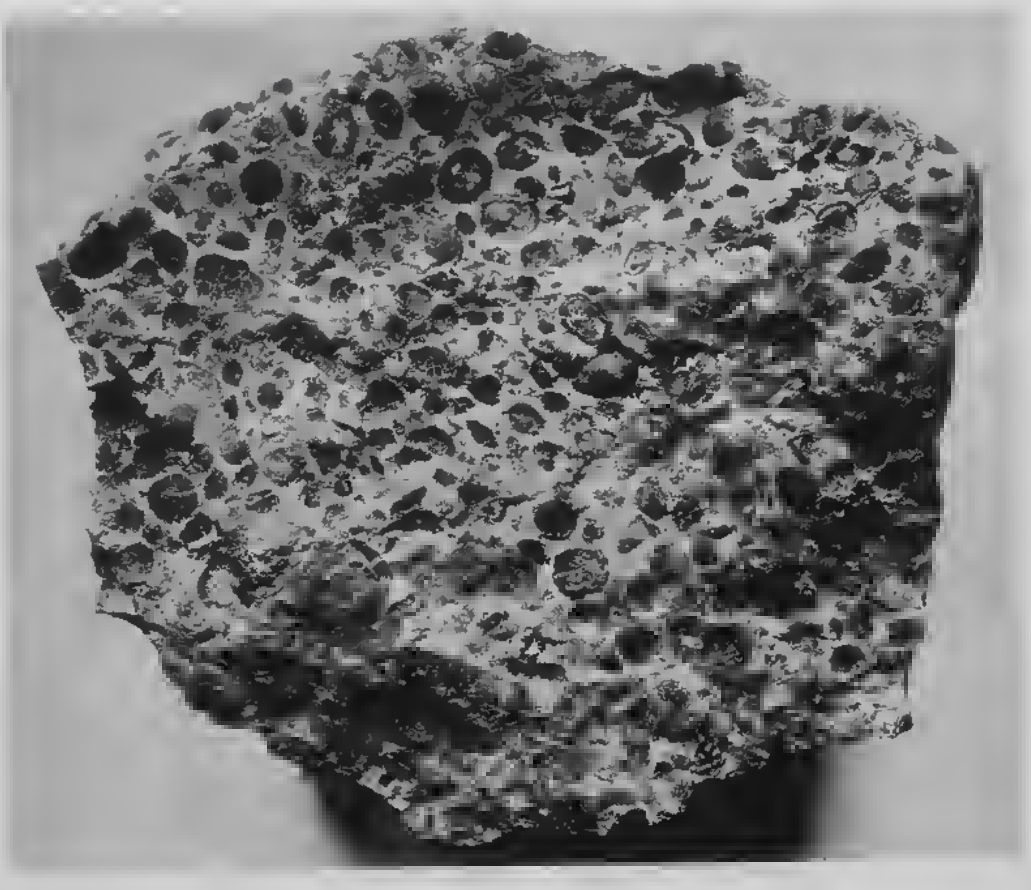
BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE VI

Bauxite de Péreille (Ariège). Pm 1039.

Source : MNHN, Paris



BAUXITES DU MIDI DE LA FRANCE

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris